

構造体コンクリートへの適用を指向した再生骨材コンクリートの室内試験

その1 試験概要および再生骨材の物理的性質

正会員 ○大崎 政人*1 同 船尾 孝好*1
 同 栗延 正成*1 同 山崎 順二*2
 同 鈴木 好幸*3 同

再生骨材 再生骨材コンクリート 絶乾密度
 吸水率 微粒分量

1. はじめに

近年、コンクリート分野においても環境配慮性が意識されるようになり、低炭素型や環境配慮型のコンクリートの研究開発が活発に行われている。その中でも、再生骨材コンクリートは、資源循環性に優れている他、再生骨材へのCO₂固定技術が確立されつつあり、CO₂固定の再生骨材をコンクリートに使用することでCO₂削減効果も得られ、カーボンニュートラル社会の実現および資源循環型社会の形成に大きく寄与する建設資材となる。

本報その1では、再生骨材コンクリートの室内試験の概要および再生骨材の物理的性質について報告する。

2. 試験概要

今回の室内試験は、表-1に示すJIS A 5308の認証を受けた大阪湾岸エリアの4工場の試験室で試し練りを行った。試し練りで使用する再生骨材は、産業廃棄物中間処理工場の協力を得て、再生骨材Mおよび再生骨材Lの品質に近いものを製造した。また、再生骨材コンクリートは、JIS A 5022 再生骨材コンクリートMの「再生M1種」および「再生M2種」の骨材の組合せにより試し練りを行った。

2.1 使用材料

試し練りに用いる使用材料を表-2に示す。セメント

表-1 実施工場

記号	所在地
A工場	大阪府堺市
B工場	大阪府大阪市
C工場	兵庫県尼崎市
D工場	大阪府堺市

表-2 使用材料

材料	種類
セメント	高炉セメントB種:BB
水	回収水(上澄み水):W
細骨材	海砂:SS, 砕砂:CS, 石灰石砕砂:LS 再生細骨材L
粗骨材	砕石:CG, 石灰石砕石:LG 再生粗骨材L①, L②, M
化学混和剤	高性能AE減水剤

はアルカリシリカ反応抑制効果のある高炉セメントB種を使用し、練混ぜ水、普通細・粗骨材および化学混和剤は、実施工場が標準化しているものとした。

再生骨材は、中間処理業者Aが製造したRC40をふるい網で20~5mmに分級したものを再生粗骨材L①、製造時に破砕機およびふるい網を調整し20~5mmに粒度を調整したものを再生粗骨材L②とした。また、中間処理業者Bが製造したRC40を専用の機械を用い乾式で付着ペーストを剥がし20~5mmに粒度調整したものを再生粗骨材M、その際に5mmのふるい網を通過したものを再生細骨材Lとした。

2.2 試験項目

試し練りに用いる再生骨材の試験項目および目標値を表-3に示す。再生骨材の目標値は、JIS A 5022およびJIS A 5023の附属書Aとした。

コンクリートの試験項目および試験条件を表-4に示す。圧縮強度は標準養生の材齢7, 28, 56日で測定した。また、簡易的に構造体強度補正值(mSn)を求めるため、JASS5-T-606:2022 簡易断熱養生供試体による構造体コンクリートの強度推定方法により材齢28, 56, 91日の圧縮強度を測定した。

表-3 再生骨材の試験項目

試験項目	試験方法	目標値		
		再生粗骨材L	再生粗骨材M	再生細骨材L
絶乾密度(g/cm ³)	JIS A 1109	—	2.3以上	—
吸水率(%)	JIS A 1110	7.0以下	5.0以下	13.0以下
微粒分量(%)	JIS A 1103	3.0以下	2.0以下	10.0以下

表-4 コンクリートの試験項目

試験項目	試験方法	試験条件
スランブ(cm)	JIS A 1101	目標値 18 ± 2.5
空気量(%)	JIS A 1128	目標値 4.5 ± 2.0
コンクリート温度(°C)	JIS A 1156	—
圧縮強度(N/mm ²)	標準養生	JIS A 1132 材齢 7, 28, 56日
	簡易断熱養生	JIS A 1108 材齢 91日

表-5 コンクリートの調合

A工場											B工場												
調合記号	W/C	単位量 (kg/m ³)									SP	調合記号	W/C	単位量 (kg/m ³)									SP
		BB	W	細骨材			粗骨材			再生L				BB	W	細骨材			粗骨材			再生L	
				LS	CS	CG	-	-	CS							CS	CG	CG	LG	再生L			
55-30 L①	55	327	180	448	430	615	-	-	245	1.55	55-30 L①	55	327	180	508	353	124	187	320	249	1.31		
45-10 L①	45	400	180	407	394	802	-	-	83	1.80	45-10 L①	45	400	180	457	317	164	246	423	85	1.60		
45-30 L①	45	400	180	407	394	623	-	-	250	1.80	45-30 L①	45	400	180	461	321	126	190	326	254	1.60		
45-50 L①	45	400	180	407	394	447	-	-	414	1.80	45-50 L①	45	400	180	466	324	90	134	231	419	1.60		
45-30 L①	40	450	180	383	368	629	-	-	252	2.14	45-30 L①	40	450	180	432	300	128	191	329	256	1.80		
55-30 L②	55	327	180	448	430	615	-	-	245	1.64	55-30 L②	55	327	180	508	353	124	187	320	249	1.31		
45-10 L②	45	400	180	407	394	802	-	-	83	1.90	45-10 L②	45	400	180	457	317	164	246	423	85	1.60		
45-30 L②	45	400	180	407	394	623	-	-	250	1.90	45-30 L②	45	400	180	461	321	126	190	326	254	1.60		
45-50 L②	45	400	180	407	394	447	-	-	414	1.90	45-50 L②	45	400	180	466	324	90	134	231	419	1.60		
40-30 L②	40	450	180	383	368	629	-	-	252	2.25	40-30 L②	40	450	180	432	300	128	191	329	256	1.80		

C工場											D工場												
調合記号	W/C	単位量 (kg/m ³)									SP	調合記号	W/C	単位量 (kg/m ³)									SP
		BB	W	細骨材			粗骨材			再生L				BB	W	細骨材			粗骨材			再生M	
				LS	CS	CG	CG	-	SS							CS	再生L	CG	CG	再生M			
55-30 L①	55	327	180	528	343	375	252	-	243	1.31	45-30 L①	45	400	180	383	383	-	314	313	255	1.50		
45-10 L①	45	400	180	477	309	490	330	-	81	1.60	45-30 L②	45	400	180	383	383	-	314	313	255	1.50		
45-30 L①	45	400	180	482	312	380	257	-	245	1.60	45-30 M	45	400	180	383	383	-	314	313	259	1.50		
45-50 L①	45	400	180	482	315	272	183	-	412	1.60	45-50 M	45	400	180	383	383	-	314	313	431	1.40		
45-30 L①	40	450	180	450	294	385	257	-	247	1.80	45-100 M	45	400	180	383	383	-	-	-	859	1.30		
55-30 L②	55	327	180	528	343	375	252	-	243	1.31	45-10 LS	45	400	180	344	344	71	449	448	-	1.40		
45-10 L②	45	400	180	477	309	490	330	-	81	1.60	45-30 LS	45	450	180	270	267	211	449	448	-	1.58		
45-30 L②	45	400	180	482	312	380	257	-	245	1.60													
45-50 L②	45	400	180	482	315	272	183	-	412	1.60													
40-30 L②	40	450	180	450	294	385	257	-	247	1.80													

表-6 再生骨材の試験結果

種類	再生粗骨材 L①	再生粗骨材 L②	再生粗骨材 M	再生細骨材 L
試験項目				
表乾密度 (g/cm ³)	2.36	2.41	2.49	2.37
絶乾密度 (g/cm ³)	2.22	2.28	2.40	2.17
吸水率 (%)	6.14	5.56	3.78	8.88
微粒分量 (%)	5.2	9.2	0.3	1.8

2.3 コンクリートの調合

実験工場毎のコンクリートの調合を表-5に示す。W/Cは、実験工場の標準な調合で呼び強度 24, 33, 40 に相当する 55, 45, 40%の3水準を設定した。単位水量は、実験工場がスランプ 18cm で標準化する 180kg/m³ に設定した。

スランプおよび空気量は化学混和剤の使用量の増減により目標品質が得られるように調整した。再生粗骨材 L①・L②は普通粗骨材との置換率を 10, 30, 50%の3水準に設定し、再生粗骨材 M は普通粗骨材との置換率を 30, 50, 100%の3水準に設定した。また、再生細骨材は、普通細骨材との置換率を 10, 30%の2水準を設定した。

3. 再生骨材の物理的性質

再生骨材の試験結果を表-6に示す。再生粗骨材 L①, 再生粗骨材 L②ともに吸水率は目標値を満足するが、微粒

分量は満足しないことが分かる。また、再生粗骨材 L②の微粒分量が再生粗骨材 L①より大きいことから、製造方法の違いが影響したと考える。再生粗骨材 M および再生細骨材 L は全ての試験項目において目標値を満足した。

4. おわりに

本報では、試験の概要および再生骨材の物理的性質についてとりまとめた。再生骨材コンクリートのフレッシュコンクリートの性状、圧縮強度およびまとめをその2で報告する。

謝辞：本研究は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の業務委託（JPNP21023）による研究の一環として実施した。ご協力頂いた関係各位に感謝いたします。

*1 大阪兵庫生コンクリート工業組合
*2 浅沼組
*3 安藤ハザマ

*1 Osaka-Hyougo Ready-Mixed Concrete Industrial Association
*2 Asanuma Corporation
*3 HAZAMA ANDO CORPORATION

構造体コンクリートへの適用を指向した再生骨材コンクリートの室内試験 その2 再生骨材コンクリートの性状およびまとめ

正会員 ○船尾 孝好*1 同 大崎 政人*1
同 栗延 正成*1 同 山崎 順二*2
同 鈴木 好幸*3 同

再生骨材 再生骨材コンクリート 圧縮強度
簡易断熱養生 構造体コンクリートの強度補正值

1. はじめに

本報その2では、その1で品質試験を行った再生骨材を用いて実施した試し練りの試験結果について、フレッシュコンクリートの試験結果、圧縮強度の試験結果および全体のまとめを報告する。

2. フレッシュコンクリート

2.1 スランプ

スランプの試験結果を図-1に示す。今回の試し練りでは、化学混和剤の使用量の増減によりスランプを調整した。スランプ試験結果では目標値の上限値の試験結果も認められるが、単位水量は180L/m³でスランプの目標品質を得られることが分る。なお、45-50L①、L②のスランプは、再生骨材の置換率が小さいものと同じ混和剤の使用量であることから、再生骨材の置換率が大きくなると

スランプが小さくなる傾向が認められる。

微粒分量が目標値の上限から外れた、再生粗骨材 L①とL②であってもスランプの目標値を満足することから微粒分量のスランプへの影響は小さいと考える。

再生骨材を使用したコンクリートでも化学混和剤の使用量の増減によりスランプ調整できることが分かる。

2.2 空気量

空気量の試験結果を図-2に示す。今回の試し練りでは、AE 剤の使用量の増減により空気量を調整した。空気量は全ての試験結果において目標値を満足した。再生骨材の置換率の影響や微粒分量の多い再生粗骨材 L①、L②についても空気量への影響は認められない。空気量においても、化学混和剤の使用量の増減により調整可能であることが分かる。

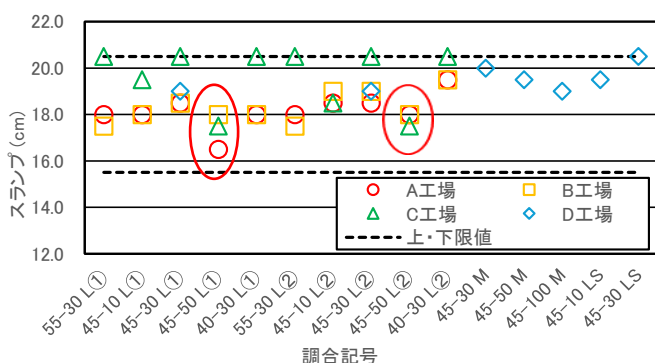


図-1 スランプの試験試験結果

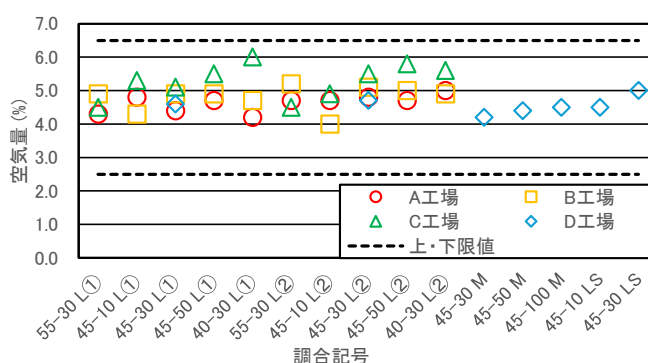


図-2 空気量の試験結果

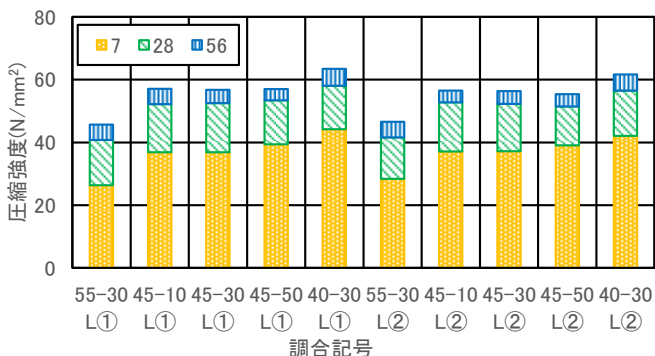


図-3 A工場の圧縮強度試験結果

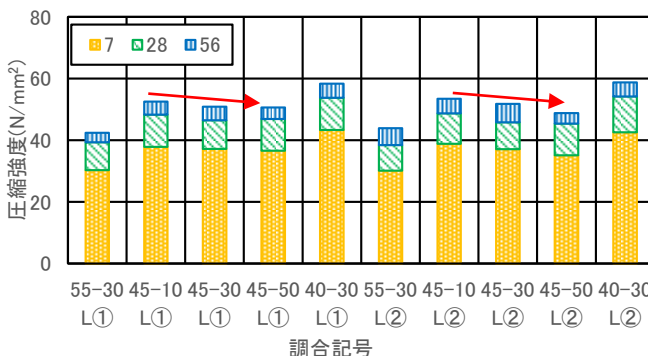


図-4 B工場の圧縮強度試験結果

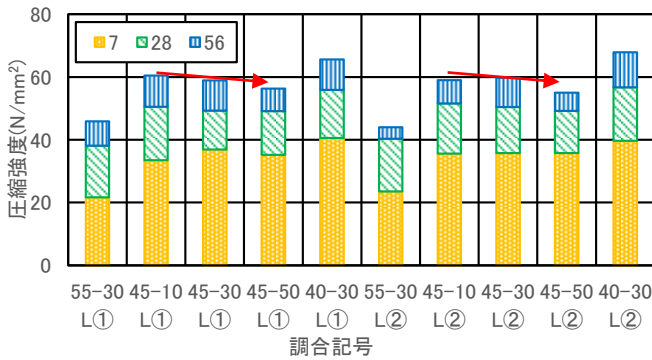


図-5 C工場の圧縮強度試験結果

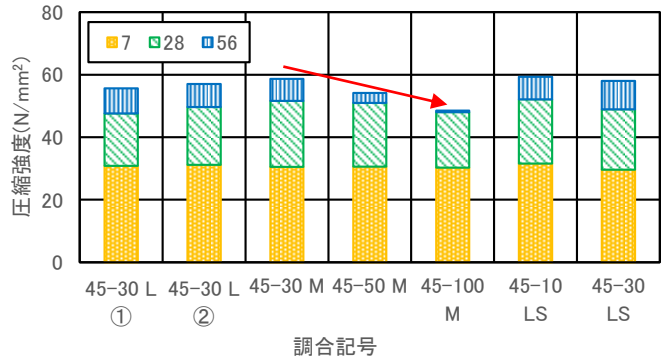


図-6 D工場の圧縮強度試験結果

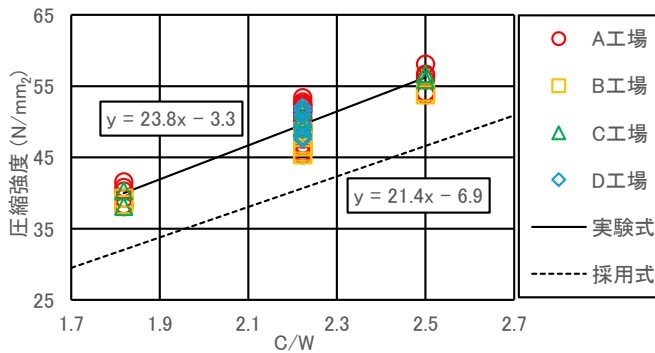


図-7 材齢 28 日の C/W と圧縮強度の関係

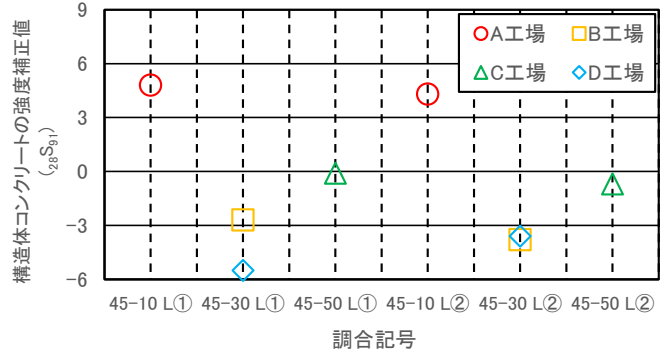


図-8 構造体コンクリートの強度補正值

3. 圧縮強度

3.1 標準養生の圧縮強度

圧縮強度試験結果を図-3～6に示す。B, C, D 工場の W/C45%において、再生骨材の置換率が大きくなると若干の圧縮強度の低下が認められる。再生骨材 M を使用した D 工場は、再生骨材の置換率が大きくなると材齢 28 日から 56 日への圧縮強度の増加が低い傾向が認められる。

製造方法の異なる再生粗骨材 L①と L②に圧縮強度の大きな違いは認められない。今回の製造方法では、圧縮強度への影響は小さい。

C/W と圧縮強度の関係を図-7に示す。図中に今回の試験で得られた C/W と圧縮強度の実験式および大阪兵庫地区において標準的に使用されている高炉セメント B 種、材齢 28 日の採用式を示す。全ての試験結果が採用式よりも安全側となった。また、実験式と採用式の傾きが平行しており今回設定した W/C の範囲では、普通骨材使用時と同じ採用式で調合強度の設定が可能であると考えられる。

3.2 簡易断熱養生の圧縮強度

簡易断熱養生により求めた構造体コンクリートの強度補正值（以下、S 値）を図-8に示す。他の工場と比べて A 工場の S 値は大きい、S 値は 6N/mm² 以下となることが分かる。

5. まとめ

- (1) 再生骨材の物理的性質：中間処理工場の通常工程で製造した再生粗骨材 L は微粒分量が大きくなることが分かった。また、専用の機械を使用し製造した再生粗骨材 M および再生細骨材 L は目標値を満足した。
- (2) フレッシュコンクリート：再生骨材コンクリート M の「再生 M1 種」および「再生 M2 種」の骨材の組み合わせで試し練りを実施した調合では、スランプおよび空気量ともに目標値を満足した。
- (3) 圧縮強度：再生粗骨材の置換率が大きくなると若干の強度低下が認められるが、採用式よりも安全側であることから、調合強度の W/C は普通骨材使用時と同じ W/C の設定で良いと考える。
- (4) 大阪兵庫地区の標準的な調合に、再生骨材を置換することで、構造体コンクリートへの適用が可能となることが分かった。今後 CO₂ を固定した再生骨材を用いた CO₂ 低減効果のある再生骨材コンクリートの研究開発および実装を進める。

謝辞：本研究は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の業務委託（JPNP21023）による研究の一環として実施した。ご協力頂いた関係各位に感謝いたします。

*1 大阪兵庫生コンクリート工業組合
*2 浅沼組
*3 安藤ハザマ

*1 Osaka-Hyougo Ready-Mixed Concrete Industrial Association
*2 Asanuma Corporation
*3 HAZAMA ANDO CORPORATION