

# 論文 混和材による低品質再生骨材を用いたコンクリートの品質改善

陶 宇洲\*1・道正 泰弘\*2・安達 克己\*3・錦木 健二\*1

**要旨：**本研究は、低品質再生骨材の構造用コンクリートへの利用拡大を目的に、汎用的な混和材であるフライアッシュおよび高炉スラグ微粉末の使用が低品質再生骨材を用いたコンクリートの品質改善効果について実験的検討を行った。その結果、低品質再生骨材を用いたコンクリートの性能は、再生骨材置換率の調整に加え、混和材としてフライアッシュおよび高炉スラグ微粉末を適切に使用することにより、所要の品質を得ることが可能となり、構造用コンクリートとして利用拡大が期待できることが判明した。

**キーワード：**低品質再生骨材, フライアッシュ, 高炉スラグ微粉末, 品質改善

## 1. はじめに

2014年度の利用実績調査<sup>1)</sup>により明らかになった再生骨材コンクリートの利用量は、55千t程度に止まり、再生骨材の普及が進んでいるとは言えない状況にある。このような背景から、2018年のJIS A 5022(再生骨材コンクリート M)の改正においては、再生粗骨材 L, 再生細骨材 L を一定の置換率以下で JIS A 5308 附属書 A に適合する骨材(普通骨材)と混合使用する再生骨材コンクリート M が規定された<sup>2)</sup>。しかし、再生骨材は、原コンクリート中の粗骨材(原骨材)とそれに付着したモルタル(付着モルタル)やセメントペースト(付着ペースト)によって構成されている。再生細骨材 L の使用には、多くの付着モルタルや付着ペーストが混入することから、品質のばらつきが大きく<sup>3)</sup>、データの蓄積が必要となる。また、再生骨材のアルカリシリカ反応対策、長期強度の増進などの品質改善のためには、フライアッシュ(FA)<sup>4)</sup>や高炉スラグ微粉末(BFS)<sup>5)</sup>が有効とされており、これらの使用を併せて検討し、構造用コンクリートとして所要の品質を確保する必要がある<sup>6)</sup>。特に、再生骨材 L を用いたコンクリートの特徴である圧縮強度低下、乾燥収縮率の増加等の性能低下に対し、FA, BFS の効果の把握が必要となる。

本研究は、低品質再生骨材の構造用コンクリートへの利用拡大を目的に、汎用的な混和材である FA および BFS の使用が再生骨材 L を用いたコンクリートの品質改善効果について実験的検討を行った結果を示す。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料

表-1 に本研究で用いた再生骨材の概要を、表-2 に使用した骨材の主要物性を示す。普通ポルトランドセメント(N, 密度 3.16g/cm<sup>3</sup>), 普通細骨材には川砂(NS1, NS2), 普通粗骨材には硬質砂岩砕石 2005(NG1, NG2), 再生細

表-1 本研究で用いた再生骨材の概要

種類	原コンクリート*	製造方法
再生細骨材 L:RLS	建築物(詳細不明)	破碎・分級
再生粗骨材 L:RLG		

\*マニユフェストおよび製造工場へのヒヤリングにより確認

表-2 使用骨材の主要物性

品質項目	試験方法	NS1* <sup>1</sup>	NS2* <sup>1</sup>	NG1* <sup>2</sup>	NG2* <sup>2</sup>	RLS	RLG		
絶乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	JIS A 1109	2.59	2.56	2.65	2.63	1.95	2.29		
吸水率 (%)	JIS A 1110	1.24	1.67	0.65	0.94	12.31	5.34		
粗粒率 (F.M.)	JIS A 1102	2.61	2.42	6.65	6.69	3.29	6.49		
微粒分量 (%)	JIS A 1103	4.6	2.9	0.8	0.3	5.4	1.0		
実積率 (%)	JIS A 1104	65.9	65.3	60.8	63.7	64.1	60.9		
粒形判定実積率(%)	JIS A 5005					60.0	60.0		
不純物量 (mass%)	A	JIS A 5023							
	B							0	0
	C							0	0.1
	D							0	0
	E							0	0
	F							0	0
	G							0	0
合計					0.1	0.2			

\*1：揖斐川産川砂 \*2：春日井産硬質砂岩砕石 2005

\*3：A~G の分類は JIS A 5023 附属書 A による。

骨材 L (RLS), 再生粗骨材 L (RLG), 混和材には、フライアッシュ II 種(FAII, 密度 2.29g/cm<sup>3</sup>, JIS A 6201)および高炉スラグ微粉末 4000(BFS, 密度 2.91g/cm<sup>3</sup>, SO<sub>3</sub> 2.07%, JIS A 6206)を用いた。RLS および RLG は、建築物(詳細は不明)の解体からの発生物を原コンクリートとして、再生骨材製造工場において破碎・分級等により製造されたものである。RLS の品質は、絶乾密度 1.95g/cm<sup>3</sup>, 吸水率 12.31%, 微粒分量 5.4%, 不純物量の合計は 0.16%であり、JIS A 5023 附属書 A の規定を満足する。一方、RLG の品質は、吸水率 5.34%, 微粒分量 1.0%, 不純物量の合計は 0.2%であり、JIS A 5023 附属書 A の規定を満足する。なお、いずれもアルカリシリカ反応性の区分は B である。

### 2.2 配(調)合

表-3 に配(調)合概要を示す。水結合材を 55%一定とし、RLG の置換率を 0%, 25%, 50%, 75%, 100%の 5 水

\*1 名城大学大学院 理工学研究科環境創造学専攻 (学生会員)

\*2 名城大学 理工学部環境創造学科 教授 博士 (工学) (正会員)

\*3 ダイナミック生コン(株) 副工場長

表-3 各種コンクリートの配(調)合概要

種類	配(調)合条件				単位量(kg/m <sup>3</sup> )										混和剤(B×%) <sup>※1</sup>																
	結合材の種類	混和材使用量	置換率(%)		W/B (%)	s/a (%)	W	C	BFS	NS1	NS2	NG1	NG2	RLG	RLS	FAII (外割)	AE 減水剤	FA 用 AE 剤	空気量調整剤	消泡剤											
			RLG	RLS																											
NGNS-55	N	—	0	0	46.3	175	318														824	-	974	-	-	-	1.00		0.002	0	
NGRLS25-55				25																	618	-	974	-	-	175	1.00		0.002	0.0005	
NGRLS50-55				50																	412	-	974	-	-	349	1.00		0.002	0.0005	
NGRLS75-55				75																	206	-	974	-	-	524	1.00		0.003	0.0005	
NGRLS100-55				100																	-	-	974	-	-	698	1.00		0.002	0	
RLG25NS-55			25	0																	-	824	731	-	220	-	1.00		0.002	0.0005	
RLG25RLS25-55				25																	618	-	731	-	220	175	1.00		0.002	0.0005	
RLG25RLS50-55				50																	412	-	731	-	220	349	1.00		0.002	0.0005	
RLG25RLS75-55				75																	206	-	731	-	220	524	1.00		0.002	0	
RLG50NS-55				0																	824	-	487	-	440	-	1.00		0.002	0.0005	
RLG50RLS25-55			50	25																	618	-	487	-	440	175	1.00		0.002	0.0005	
RLG50RLS50-55				50																	412	-	487	-	440	349	1.00		0.002	0	
RLG75NS-55				0																	824	-	244	-	659	-	1.00		0.002	0.0005	
RLG75RLS25-55			75	25																	618	-	244	-	659	175	1.00		0.002	0	
RLG100NS-55				100																	824	-	-	-	879	-	1.00		0.002	0	
FANGNS-55	N, FAII	FAII=(N+FA)×20%	0	0	55	43.4	175	318													733	-	974	-	-	-	1.00	0.2	-	0	
FANGRLS50-55				50																	367	-	974	-	-	311	1.00	0.3	-	0.0005	
FANGRLS100-55				100																	-	-	974	-	-	621	1.00	0.3	-	0.0005	
FARLG25NS-55				25																	0	733	-	731	-	220	-	1.00	0.3	-	0.0005
FARLG25RLS75-55																					75	183	-	731	-	220	466	1.00	0.3	-	0.0005
FARLG50NS-55			50	0																	733	-	487	-	440	-	1.00	0.3	-	0.0005	
FARLG50RLS50-55				50																	367	-	487	-	440	311	1.00	0.3	-	0.0005	
FARLG75NS-55			75	0																	733	-	244	-	659	-	1.00	0.3	-	0.0005	
FARLG75RLS25-55				25																	550	-	244	-	659	155	1.00	0.3	-	0.0005	
FARLG100NS-55			100	733																	-	-	-	879	-	1.00	0.3	-	0		
BFSNGNS-55 <sup>※2</sup>	N, BFS	BFS=N×40%	0	0	46.4	172	188	125													827	-	974	-	-	-	1.00		0.002	0	
BFSNGRLS50-55				50																	-	788	-	1017	-	-	-	1.00		0.002	0
BFSNGRLS100-55 <sup>※2</sup>				100																	414	-	974	-	-	351	1.00		0.002	0.0005	
BFSRLG25NS-55			25	0																	-	-	-	1017	-	663	1.00		0.002	0	
BFSRLG25RLS75-55				75																	827	-	731	-	220	-	1.00		0.002	0.0005	
BFSRLG50NS-55				0																	207	-	731	-	220	526	1.00		0.002	0.0005	
BFSRLG50RLS50-55 <sup>※2</sup>			50	50																	827	-	487	-	440	-	1.00		0.002	0.0005	
BFSRLG75NS-55				0																	414	-	487	-	440	351	1.00		0.002	0.0005	
BFSRLG75RLS25-55				25																	-	394	-	508	461	331	1.00		0.002	0	
BFSRLG100NS-55			100	827																	-	244	-	659	-	1.00		0.002	0.0005		
				621																	-	244	-	659	175	1.00		0.002	0.0005		
				827																	-	-	-	879	-	1.00		0.002	0		

※1:AE 減水剤(高機能タイプ):変性リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸系, FAII 用 AE 剤:高級脂肪酸塩と非イオン系界面活性剤, 空気量調整剤:樹脂酸塩系陰イオン界面活性剤, 消泡剤:ポリエーテル系抑泡剤, ※2:下段は経時変化の検討用配(調)合

準, RLS の置換率を 0%, 25%, 50%, 75%, 100% の 5 水準に変化させた。結合材は N のみを使用したコンクリートを 15 種類, BFS を N に対して高炉セメント B 種(BB)相当の 40%置換した 10 種類, FAII を N+FAII に対して砂代替の外割として 20%置換した 10 種類, 合計 35 種類の試料コンクリートを用意した。単位水量は 175kg/m<sup>3</sup> を基準としたが, BFS を用いたものは試し練りにより 2%低減させた。化学混和剤には変性リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸系 AE 減水剤(高機能タイプ)を使用した。空気量調整剤には樹脂酸塩系陰イオン界面活性剤を, 消泡剤にはポリエーテル系抑泡剤を用いた。なお, FAII を用いたコンクリートでは, AE 剤として高級脂肪酸塩と非イオン系界面活性剤を使用した。いずれも目標スランブは 18±2.5cm, 目標空気量は 4.5±1.5%とした。

### 2.3 試験項目および試験方法

試験項目および試験方法を表-4に示す。フレッシュ性状は, スランブ, 空気量, 単位容積質量, コンクリート温度および塩化物含有量の測定を, 硬化性状では, 圧

表-4 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法	備考	
フレッシュ性状	スランブ	JIS A 1101	
	空気量	JIS A 1128	
	単位容積質量	JIS A 1116	
	コンクリート温度	JIS A 1156	
硬化性状	塩化物含有量	JIS A 5023	イオン電極法による
	圧縮強度	JIS A 1108	標準養生
	静弾性係数	JIS A 1149	材齢 4 週, 13 週
	長さ変化率	JIS A 1129-3	
	促進中性化深さ	JIS A 1153	
耐久性指数	JIS A 1148	A 法	

縮強度, 静弾性係数, 長さ変化, 促進中性化および凍結融解の諸試験を実施した。

## 3. 試験結果

### 3.1 フレッシュ性状

各種コンクリートの練上がり時のフレッシュ性状試験結果を表-5に示す。

#### (1) スランブおよび空気量

表-3に示したように, AE 減水剤はいずれのコンク



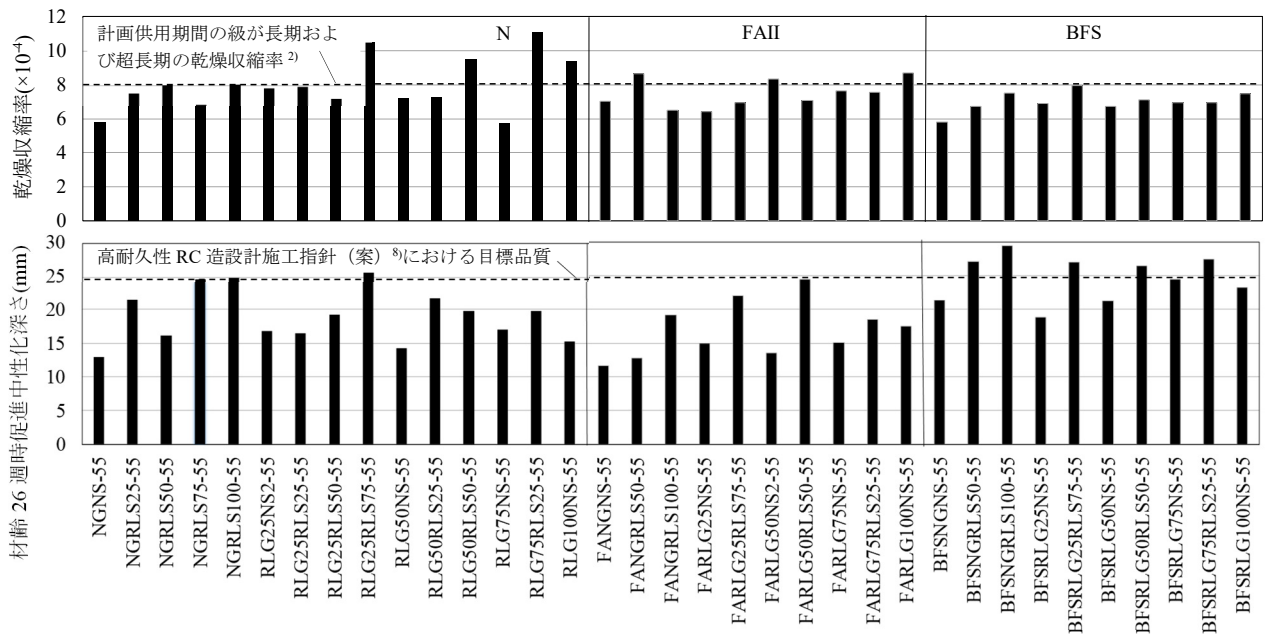


図-2 各種コンクリートの乾燥収縮率および促進中性化深さ

上混入したものはその傾向が顕著である。材齢 4 週から 13 週までの強度発現傾向は、N では置換率の増加に伴い低下する傾向がみられた。FAII を砂代替で混入した場合、N に対して材齢 4 週時から材齢 13 週時にかけての強度発現が大きくなり、FANGNS-55 では  $50\text{N}/\text{mm}^2$  を上回った。一方、BFS を BB 相当で用いた場合、材齢 4 週時は N に対して小さくなるものの 13 週時ではほぼ同等である。これらから、再生細骨材 L の置換率が大きい場合でも混和材の使用により、長期強度の低下を小さくできる。これらの傾向は、FA のポズラン反応<sup>4)</sup>および BFS の潜在水硬性<sup>5)</sup>に起因する。

(2) 静弾性係数

図-1 より、静弾性係数については、圧縮強度と同様、再生骨材の置換率の増加に伴い低下する傾向がみられ、材齢の経過に伴う増加も小さくなる。混和材の影響は、再生骨材を置換していない場合において N、FAII および BFS は材齢に係らずほぼ同等であり、再生骨材 L を置換した場合においてもその影響は明確にはみられない。

(3) 乾燥収縮

図-2 より、再生骨材 L を用いたコンクリートの乾燥収縮率は、全体的に RLS と RLG を併用し、いずれか 50% 以上置換したものが大きくなる傾向がみられた。N、FAII では RLS の置換率が 50% 以上あるいは RLG を 75% 以上置換したもので JASS 5(2018)<sup>2)</sup> に示されている計画供用期間の級が長期および超長期の品質目標値である  $8 \times 10^{-4}$  を超えるものもみられた。一方、BFS ではいずれのコンクリートも  $8 \times 10^{-4}$  を下回る。したがって、再生骨材コンクリート M に規定された置換率の範囲内あるいは BFS の BB 相当の使用により、所要の品質が確保できる。なお、コンクリート中の  $\text{SO}_3$  量の増加に伴い乾燥収

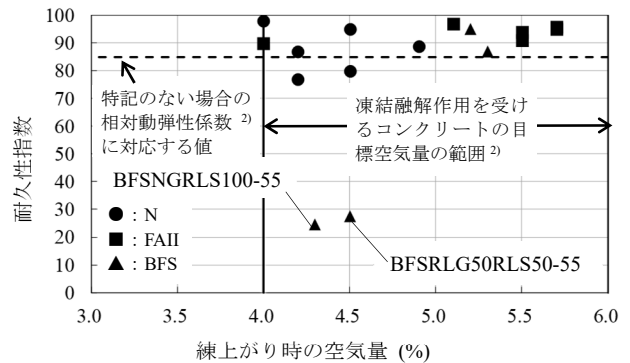


図-3 練上がり時の空気量と耐久性指数の関係

縮率は減少し、BFS 中の  $\text{SO}_3$  量 2.0% 程度で 60% 置換した BB では、N の乾燥収縮率を下回るとの報告<sup>7)</sup>がある。

(4) 促進中性化

図-2 より、材齢 26 週時促進中性化深さは、N を用いたコンクリートでみると、相対的に RLS を 50% 以上、RLG を 75% 以上置換したものが大きくなる傾向がみられた。混和材の影響は、N に比べて FAII を砂代替で用いたものは比較的小さく、一方、BFS を BB 相当で用いたものは大きくなる傾向がみられた。このことは、FAII を砂代替に用いることにより、N のみの利用に対し、長期強度が増進したこと<sup>3)</sup>に起因する。

(5) 凍結融解

図-3 より、練上がり時のフレッシュコンクリートは、凍結融解作用を受けるコンクリートの目標空気量 4.0~6.0%( $4.5 \pm 1.5\%$ かつ空気量の下限値 4.0%<sup>2)</sup>)の範囲であれば再生骨材の置換率に係らず、耐久性指数はおおむね 80 以上となっており、耐凍害性は確保されている。しかし、BFS を用いたコンクリートのうち、RLS の置換率が 50% 以上の BFSRLG50RLS50-55、BFSNGRLS100-55 は、30 以下と大幅に低下した。

表-6 スランプおよび空気量の経時変化

経過時間 (min)	スランプ(cm)						空気量(%)*					
	BFSNGNS-55		BFSRLG50RLS50-55		BFSNGRLS100-55		BFSNGNS-55		BFSRLG50RLS50-55		BFSNGRLS100-55	
	測定値	差異	測定値	差異	測定値	差異	測定値	差異	測定値	差異	測定値	差異
0	19.0	-	22.0	-	20.0	-	8.4	-	8.9	-	4.7	-
15	18.5	0.5	20.0	2.0	19.5	0.5	5.7	2.7	6.9	2.0	3.7	1.0
30	17.5	1.0	18.0	2.0	17.0	2.5	3.8	1.9	4.7	2.2	2.6	1.1
45	15.0	2.5	17.0	1.0	18.0	1.0	2.9	0.9	3.9	0.8	2.0	0.6
60	12.0	3.0	9.5	7.5	12.0	6.0	2.6	0.3	3.5	0.4	1.8	0.2
90	0.5	11.5	5.0	4.5	2.0	10.0	2.1	0.5	2.6	0.9	1.7	0.1

\*骨材修正係数 BFSNGNS-55: 0.2%, BFSRLG50RLS50-55: 0.7%, BFSNGRLS100-55: 0.5%

低品質な再生細骨材(吸水率: 10%程度)を 50%置換した場合には、空気が連行されていても耐久性指数は 60 以下となる結果も報告されていることから<sup>9)</sup>、低品質再生細骨材と BFS 混入の複合的な要因が考えられる。表-6 は、耐久性指数が大きく低下した BFSRLG50RLS50-55、BFSNGRLS100-55 および比較用に BFSNGNS-55 のスランプおよび空気量の経時変化を測定した結果である。

これによると、スランプは BFSNGNS-55 では、30 分までの経時変化は 1.5cm であったが、BFSRLG50RLS50-55 で 4.0cm、BFSNGRLS100-55 では 3.0cm と大きくなる。一方、空気量の低下については、BFSNGNS-55 で 4.6%、BFSRLG50RLS50-55 で 4.4%と大きい、BFSNGRLS100-55 では練上がり時の空気量自体が小さいことから低下も 2.1%と小さい。BFSRLG50RLS50-55、BFSNGRLS100-55 の凍結融解試験体用コンクリートでは、消包剤を使用しているため練上がり時の空気量は小さくなっているが、経時に伴う空気量の低下傾向から、試験体に連行された空気量が目標空気量以下となったものと推察される。

### 3.3 相対品質値法による性能評価

相対品質値法は、普通骨材と再生骨材の主要物性(吸水率等)と置換率から相対品質値を算出し、コンクリートの主要な性能との相関性を評価する。次に、既往実験等の結果から実験式を導き、乾燥収縮や中性化を考慮した要求品質の閾値に対応する強度域の計画調査を設定し、製造工場で検証した後、最終調査を決定する。これにより、乾燥収縮や耐久性の評価を包含した性能設計が可能となる<sup>3)</sup>。本検討では、FA を砂代替として利用したことから主要物性には吸水率と相関性の高い密度<sup>9)、10)</sup>を用い、式(1)に示す相対密度(容積比)を算出し、図-4 に示すようにコンクリートの主要な性能との関係性を評価した。なお、圧縮強度において、N では材齢 4 週、FAII と BFS は材齢 13 週で評価するなど、混和材の影響を明確化するため、いずれの性能も結合材ごとに関係式を作成した。

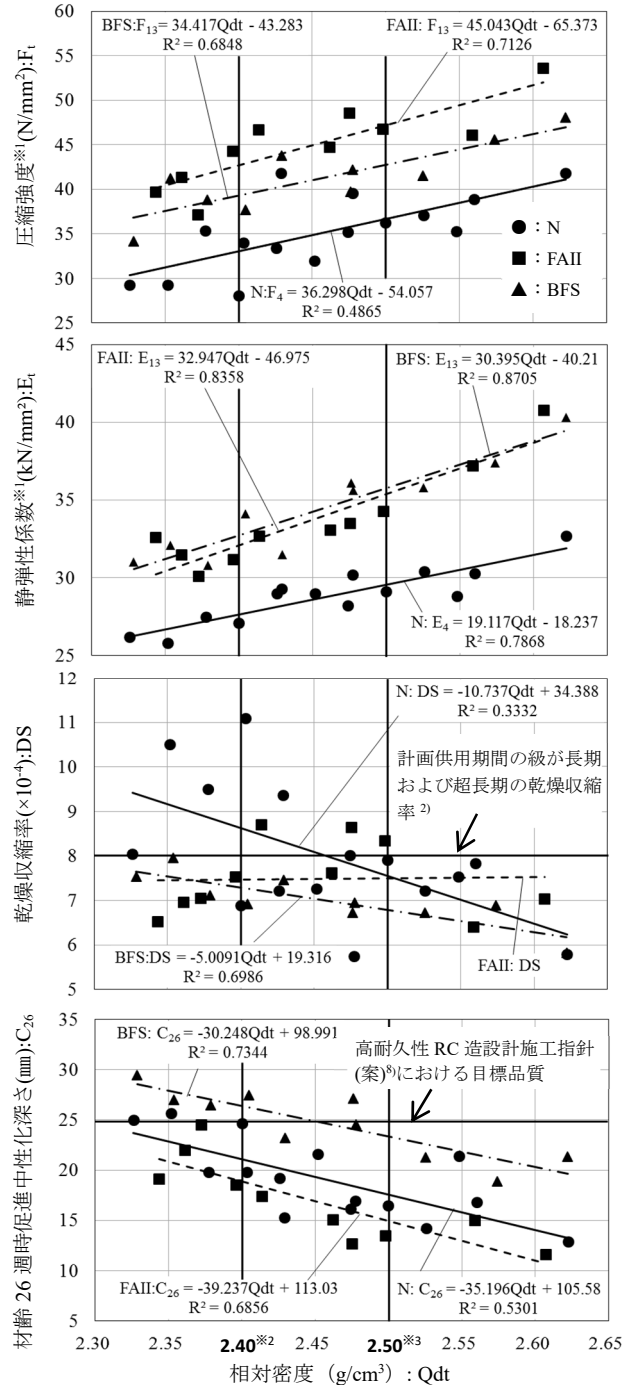
$$Qdt = \frac{a \cdot QdvG + b \cdot QdvN + c \cdot QdrG + d \cdot QdrN + e \cdot QFA}{a + b + c + d + e} \quad (1)$$

ここに、Qdt: 骨材の相対密度(g/cm<sup>3</sup>)

QdvG: 普通粗骨材の絶対乾密度(g/cm<sup>3</sup>)

QdvN: 普通細骨材の絶対乾密度(g/cm<sup>3</sup>)

QdrG: 再生粗骨材の絶対乾密度(g/cm<sup>3</sup>)



※1: N は材齢 4 週時、FAII、BFS は材齢 13 週時の結果を示す。  
 ※2: 再生骨材コンクリート M2 種として再生粗骨材 L および再生細骨材 L の絶対密度の下限値<sup>注記</sup>と置換率の上限値で算定した相対密度を示す。  
 ※3: 再生骨材コンクリート M1 種として再生粗骨材 L の絶対密度の下限値<sup>注記</sup>と置換率の上限値で算定した相対密度を示す。

図-4 相対密度とコンクリートの主要な性能との関係

$Q_{drS}$ : 再生細骨材の絶乾密度(g/cm<sup>3</sup>)

$Q_{FA}$ : FA の密度(g/cm<sup>3</sup>)

a. b. c. d: 使用骨材の絶対容積(L/m<sup>3</sup>)

e: FA の絶対容積(L/m<sup>3</sup>)

図-4より、全体的に相対密度が小さくなるのに伴いコンクリートの主要な性能は低下する傾向がみられ、圧縮強度、静弾性係数、乾燥収縮率(FAIIを除く)、促進中性化深さの間には、ばらつきがあるものもみられるが、おおむね関係性が得られた。また、乾燥収縮率と促進中性化深さにおいては、再生骨材コンクリート M1 種に該当する相対密度(2.50g/cm<sup>3</sup>以上)であればいずれも目標値を満足する。一方、再生骨材コンクリート M2 種の場合(2.40g/cm<sup>3</sup>以上)は、使用する混和材によっては目標値を満足する。したがって、再生骨材 L に普通骨材を混合使用する再生骨材コンクリートの場合は、混和材の適切な使用とともに相対密度とコンクリートの主要性能の関係から、使用骨材の品質に基づき再生骨材置換率を調整することにより、目標とする性能を得ることが可能となる。

#### 4. まとめ

汎用的な混和材であるフライアッシュ、高炉スラグ微粉末による低品質再生骨材を用いたコンクリートの品質改善効果について検討を行った結果、次のことがいえる。

- (1) 低品質再生骨材コンクリートのフレッシュ性状は、置換率が大きい場合でも、混和剤量の調整により目標品質を満足する。
- (2) 再生骨材置換率の増加に伴い圧縮強度および静弾性係数は低下するが、FAIIの外割使用やBFSのBB相当の使用により長期材齢での圧縮強度、静弾性係数の低下を小さくすることができる。
- (3) 再生粗骨材 L と再生細骨材 L を 50%以上置換した場合は乾燥収縮率が大きく、中性化は速くなる。しかし、BFSのBB相当の使用で乾燥収縮率を低減でき、FAIIの外割使用により中性化を抑制することが可能である。
- (4) 耐凍害性は、適切に空気が連行されていれば所要の品質を満足するが、BFSをBB相当で用い、再生細骨材 L の置換率が高い場合は、経時に伴う空気量の低下傾向を考慮する必要がある。
- (5) 相対密度と再生骨材コンクリートの主要な性能の間には、ばらつきがあるものもみられるが、おおむね関係性が認められることから、FAIIやBFSを使用した場合でも、相対品質値法による性能設計が可能となる。

以上のことから、低品質再生骨材を用いたコンクリートの性能は、再生骨材置換率の調整に加え、混和材としてフライアッシュおよび高炉スラグ微粉末を適切に使用することにより、所要の品質を得ることが可能となり、構造用コンクリートとして利用拡大が期待できる。

#### 注記

再生骨材 L の絶乾密度の下限値は下式により算定した。  
再生粗骨材 L : 式(2) (吸水率 4.0~6.0%の実験式<sup>10)</sup>)

$$Dd_{RLG} = -0.053 \cdot A_{RLG} + 2.56 = 2.19 \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (2)$$

再生細骨材 L : 式(3) (吸水率 7.1~12.1%の実験式<sup>9)</sup>)

$$Dd_{RLS} = -0.052 \cdot A_{RLS} + 2.59 = 1.91 \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (3)$$

ここに、 $Dd_{RLG}$ : 再生粗骨材 L の絶乾密度の下限值(g/cm<sup>3</sup>)

$A_{RLG}$ : 再生粗骨材 L の吸水率の上限値(%) = 7

$Dd_{RLS}$ : 再生細骨材 L の絶乾密度の下限值(g/cm<sup>3</sup>)

$A_{RLS}$ : 再生細骨材 L の吸水率の上限値(%) = 13

#### 謝辞

本研究の一部は、平成 28~31 年度科学研究費助成事業(基盤研究 C)、「コンクリート塊の低品質再生骨材への再資源化に関する研究(研究代表者: 道正泰弘)」(課題番号: 16K06593)の助成を受けた。ここに厚く謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省総合政策局、平成 24 年度建設副産物実態調査結果、2014.3
- 2) 日本建築学会: 建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事 2018, 2018
- 3) 道正泰弘: 低品質再生骨材の構造用コンクリートへの利用, コンクリート工学, Vol.55 No.8, pp.635-643, 2017.8
- 4) 日本建築学会: フライアッシュを使用するコンクリートの調合設計・施工指針・同解説, 2007
- 5) 日本建築学会: 高炉セメントまたは高炉スラグ微粉末を用いた鉄筋コンクリート造建築物の設計・施工指針(案)・同解説, 2017
- 6) 道正泰弘, 村上一夫, LE DAI ANH, 陶宇洲: 混和材が低品質再生骨材を用いたコンクリートの性能に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.40 No.1, pp.1383-1388, 2018
- 7) 和地正浩, 米澤敏男, 三井健郎, 井上和政: 高炉スラグ高含有セメントを用いたコンクリートの物性に及ぼす SO<sub>3</sub> 量の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.33 No.1, pp.203-208, 2011
- 8) 日本建築学会: 高耐久鉄筋コンクリート造設計施工指針(案)・同解説, 1991
- 9) 道正泰弘ほか: 再生細骨材を用いたコンクリートの構造用コンクリートへの適用-原モルタルの性質が再生細骨材および再生コンクリートの品質に及ぼす影響-, 日本建築学会構造系論文集 第 502 号, pp.15-22, 1997.12
- 10) 道正泰弘, 菊池雅史, 増田彰, 小山明男: 原コンクリートの性質が再生コンクリートの品質に及ぼす影響, 日本建築学会構造系論文集 第 485 号, pp.1-10, 1996.7