

論文 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

道正 泰弘*1・村上 一夫*2・LE DAI ANH*3・陶 宇洲*4

要旨: 低品質再生骨材(再生細骨材 L)を用いたコンクリートの利用拡大を目的に, 再生骨材置換率の調整に加え, フライアッシュ, 高炉スラグ微粉末といった汎用的な混和材の使用がコンクリートの性能に及ぼす影響ならびに低レベル放射性物質(セシウム)を含んだ瓦礫の処理を想定し, セシウムの溶出抑制対策について実験的検討を行った。その結果, 再生細骨材 L を用いたモルタルの主要な性能は, 相対品質法による置換率の調整および混和材の適切な利用により所要品質を得ることが可能であることが確認された。また, これらをセメントで B 種相当以上混入することで, セシウムの溶出抑制対策としても有効であることが判明した。

キーワード: 再生骨材コンクリート, 低品質再生細骨材, フライアッシュ, 高炉スラグ微粉末, 塩化セシウム

1. はじめに

国土交通省の調査結果(2014年3月)では, 2012年度のコンクリート塊発生量は約 30,917 千 t であり, 道路路盤材等に約 99%が再資源化されている¹⁾。コンクリート塊は, セメント分に Cr(VI)等の重金属が含有されており, その溶出による土壤汚染等への影響²⁾や東日本大震災により大量に発生した瓦礫処理, 特に, セシウムに代表される低レベル放射性物質を含んだ瓦礫の発生は膨大かつ継続的であるが, 当面は一定の敷地内処理で対応せざるを得ない状況にある³⁾。このため, 処理対策として, 道路路盤材等以外の用途を開発する必要がある。最も有望な用途として, コンクリート用骨材(再生骨材)があげられる。これは, 量的な面と有害物質の封じ込めの可能性から期待できることによる。

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⁴⁾。原骨材の課題としては, 1986年に旧建設省から「アルカリ骨材反応対策に関する暫定指針」⁵⁾が示され, 推奨される以前の建築物では, 多くの骨材がアルカリシリカ反応(ASR)の評価をされずに使われており, ASRを生じる骨材が使用されている可能性がある。また, 再生細骨材, 微粉のようにセメント起源の付着モルタルや付着ペーストが多く含まれ, 粒径が小さく Cr(VI)が溶出しやすい状態の発生物の対策もあわせて行う必要がある⁶⁾。

本研究は, 低品質再生骨材を用いたコンクリートについて安定的な利用拡大の実現を目的に, 再生骨材置換率の調整に加え, フライアッシュ, 高炉スラグ微粉末といった汎用的な混和材の使用がコンクリートの性能に及ぼす影響ならびに放射性セシウムを含んだ瓦礫の処理を想定し, その溶出抑制対策について実験的検討を行った。

2. 実験概要

本検討では, コンクリートの性能については, 再生細骨材および混和材の影響を明確化するため, モルタル試験体を用いた。また, セシウムの溶出抑制は, 混和材の効果を明確にするため, セメントペースト試料を用いた。表-1に本検討で使用した再生細骨材の概要を, 表-2に使用した骨材の品質を, 表-3に各種モルタルの調合概要を, 表-4にセメントペースト試料の配合概要を示す。また, 試験項目および試験方法を表-5に示す。

2.1 モルタルの諸性能

(1) 使用材料

普通ポルトランドセメント(N, 密度:3.16g/cm³), 混和材にフライアッシュ II 種(FAII, JIS A 6201, プレーン値: 3740cm²/g, 密度:2.30g/cm³, 湿分:0.5%以下, SiO₂:59.7%,

表-1 本検討で用いた再生細骨材の概要

記号	種類	原コンクリート	製造方法
RLS	再生細骨材 L	建築物(詳細不明)	破碎・分級等
RMS	再生細骨材 M	病院(経年 65 年)	破碎・磨砕・湿式比重選別

※廃棄物管理票および製造工場へのヒヤリングにより確認

表-2 使用した骨材の品質

品質項目	試験方法	NS	RLS	RMS	
絶乾密度 (g/cm ³)	JIS A 1109	2.59	2.00	2.29	
吸水率 (%)	JIS A 1110	1.72	11.82	5.95	
粗粒率 (F.M.)	JIS A 1102	2.57	2.86	3.09	
微粒分量 (%)	JIS A 1103	-	3.8	7.0	
実積率 (%)	JIS A 1104	64.8	64.1	64.4	
粒形判定実積率 (%)	JIS A 5005	-	60.0	60.8	
不純物量 (wt%)	A	JIS A 5022 JIS A 5023	/	1.46	0.78
	B			0	0.20
	C			0	0
	D			0	0
	E			0	0
	F			0.04	0.02
	G			0	0
合計			1.50	1.00	

※A~G の分類と上限値は, RLS は, JIS A 5023 附属書 A に, RMS は JIS A 5022 附属書 A による。

*1 名城大学 理工学部環境創造学科 教授 博士(工学)(正会員)

*2 清水建設(株) 原子力・火力本部 理事 工学修士(正会員)

*3 名城大学 大学院理工学研究科環境創造学専攻

*4 名城大学 理工学部環境創造学科 研究生

表-3 各種モルタルの調査概要

種類	調査条件				単位量(kg/m ³)							混和剤 [※] C×%	
	混和材		再生細骨材 置換率(%)	W/B (%)	W	C	BFS	NS	RLS	RMS	FAII		
	種類	置換率(%)											
N-NS	-	-	0	50	245	490	-	1460	0	-	-	1.0	
N-RLS15			15					1241	186			0.5	
N-RLS30			30					1022	373			0.5	
N-RLS50			50					730	622			0	
N-RLS75			75					365	932			0	
N-RLS100			100					0	1243			0	
N-RMS			100					0	-			1348	0
FA-NS			FAII					20 (N+FAII)×20	0			50	245
FA-RLS30	30	924		337	0.5								
FA-RLS50	50	660		562	0.5								
FA-RMS	100	0		-	1219	0.5							
BFS-NS	BFS	40 N×40	0	50	245	294	196	1446	0	-	-	0.5	
BFS-RLS30			30					1012	369			0.5	
BFS-RLS50			50					723	616			0.5	
BFS-RMS			100					0	-			1348	0

※AE 減水剤(高機能タイプ)として変性リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸系化合物の複合体を用いた。

ig.loss:2.2%)および高炉スラグ微粉末 4000(BFS, JIS A 6206, 比表面積:3950cm²/g, 密度:2.91g/cm³, 材齢 91 日活性度指数:121%, フロー値比:103%)を用いた。一般細骨材には揖斐川産川砂(NS)を使用した。化学混和剤には AE 減水剤(高機能タイプ)を用いた。RLS は、建築物(詳細は不明)の基礎の解体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砕・分級等により製造されたものである。RLS の品質は、吸水率 11.82%, 微粒分量 3.8%, 不純物量の合計は 1.50wt%であり、JIS A 5023 附属書 A の規定を満足する。RMS は経年 65 年の病院の解体コンクリート塊を原コンクリートとして、再生骨材製造工場にて破砕・磨砕処理後、湿式比重選別機⁴⁾により製造したものである。RMS の品質は、絶乾密度 2.29g/cm³, 吸水率 5.95%, 微粒分量 7.0%, 不純物量の合計は 1.00wt%であり、JIS A 5022 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) 調査

混和材は、FAII および BFS を用いた。FAII は、細骨材の一部を置換して使用する(砂代替)こととし⁷⁾, 再生骨材 L を用いたコンクリートの ASR 抑制対策として効果が確認されている N+FAII に対して 20%を置換することとした⁸⁾。BFS についても同様に効果が確認されている高炉セメント B 種相当として、セメント質量に対して 40%置換した⁹⁾。一般細骨材には川砂、置換率を変化させた再生細骨材 L, 比較用に全量置換した再生細骨材 M を用い、水結合材比(W/B)は 50%で一定とし、合計 15 種類の試料モルタルを用意した。再生細骨材は、同一調査の一般骨材を用いたモルタル(N-NS, FA-NS, BFS-NS)に対し、容積比で置換した。なお、いずれのモルタルも目標フロー値は 190±20mm, 目標空気量は 4.5±1.5%とした。

(3) 試験体の作製

モルタル試験体は、JIS R 5201 に基づき練り混ぜた。練混ぜ後は、圧縮強度試験体については JIS A 5308 附属

表-4 セメントペースト試料の配合概要(質量比:%)

使用材料	N	FA15	FA25	BFS20	BFS40
N	100	85	75	80	60
FAII	0	15	25	-	-
BFS	0	-	-	20	40
W	30	30	30	30	30
CsCl [※]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

※W に対しての質量比で外割とした。

表-5 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	フロー値	JIS R 5201	
	空気量	JIS A 1128	容器は 1000ml を用いた
	単位容積質量	JIS A 1116	
	温度	JIS A 1156	
	塩化物含有量	JASS 5 T-502	イオン電極法
硬化性状	圧縮強度	JIS A 5308 附属書 C(B 法)	材齢 1 週, 4 週, 13 週
	静弾性係数	コンプレッサー	材齢 4 週, 13 週
	長さ変化率	JIS A 1129-3	
溶出抑制	pH	JIS K 0102	養生期間 4 週: 材齢 4 週, 8 週, 12 週時に測定
	電気伝導率(EC)	JIS K 0130	養生期間 12 週: 材齢 4 週時に測定
	CsCl	ICP-MS	4 週時に測定

書 C(B 法)に基づき、5φcm×10cm の試験体を各 4 本、長さ変化率試験体は、JIS A 1129-3 附属書 A によりモルタル供試体成形用型(JIS R 5201 11.2.2)を用いて、4cm×4cm×16cm の試験体を各 3 本作製した

(4) 試験項目および試験方法

フレッシュ性状は、フロー値、空気量、単位容積質量、温度および塩化物含有量を、硬化性状では、圧縮強度、静弾性係数および長さ変化率を測定した。

2.2 セシウムの溶出抑制

(1) 使用材料

普通ポルトランドセメント(N), 混和材にフライアッシュ II 種(FAII), 高炉スラグ微粉末 4000(BFS)を用いた。セシウム源として特級試薬の塩化セシウム(CsCl, 比重:3.988)を練混ぜ水に溶解させ、練混ぜの過程でセメントペースト試料中に均一に分布するように調整した。なお、練混ぜ水には、水道水を粗ろ過、逆浸透膜、イオン交

換, 254nmUV 照射で処理した純水を用いた(比抵抗値 5MΩ・cm 以上)。

(2) 配合

セメントは N 単味(N), フライアッシュについては、フライアッシュセメント B 種および C 種相当⁷⁾として、セメント質量に対し、FAII をそれぞれ 15%および 25%置換したセメントペーストの試料(FA15, FA25), 高炉スラグ微粉末については、高炉セメント A 種および B 種相当⁹⁾として、BFS をそれぞれ 20%および 40%置換した試料(BFS20, BFS40)の合計 5 種類の試料を用意した。試料の水結合材比(W/B)は、練混ぜ後のブリーディングの発生を避けるために 30%とした。

(3) 試料の作製および養生

セメントペーストの練混ぜは、5L 練りモルタルミキサ(JIS R 5201 9.2.3)を使用し、低速で 150 秒間練り混ぜ、30 秒休止後、再び低速で 150 秒間練り混ぜた。練混ぜ後は、4cm×4cm×16cm のモルタル供試体成形用型に流し込み、直ちにテーブルバイブレータ(JIS R 5201 11.2.3)で 120 秒振動させ成形した。その後、湿気箱(20±1.0°C, RH 90%以上)にて 24 時間養生後に脱型し、セメント上澄み液で満たした 50°Cの恒温水槽にて、4 週、12 週の養生を行った。養生後は、4cm×4cm×16cm 供試体の中心部近傍から 2cm×2cm×2cm の立方体を 1 個切り出し、浸漬試験用試料として用意した。なお、試料は水準毎に 3 個作製した。

(4) 浸漬試験方法

浸漬液には、純水に 185nmUV 照射、活性炭フィルター、イオン交換フィルター、最終フィルター(0.22μm)で処理した超純水(比抵抗値 18.2MΩ・cm)を用いた。試料は、**写真-1**に示すように、2cm 角の試料を 500ml の超純水に浸漬し、恒温恒湿室(20°C, 湿度 60%)に設置した窒素ガスを充填したグローブボックス内で保管した。保管中は定期的に容器内の浸漬液を攪拌した。そして、4 週に 1 度の割合で浸漬液を全量交換し、浸漬液を誘導結合プラズマ質量分析法(ICP-MS)にて分析した。分析項目は、CsCl である。なお、ICP-MS の分析に先立ち、pH および電気伝導率(EC)を測定した。なお、養生期間 4 週の試料は浸漬期間 12 週、分析回数 3 回とし、一方、養生期間 12 週の試料は浸漬期間 4 週、分析回数 1 回とした。

3. 実験結果

3.1 モルタルの諸性能

3.1.1 フレッシュ性状

各種モルタルのフレッシュ性状を表-6に示す。

(1) フロー値および空気量

AE 減水剤は、セメント質量の 0~1%の範囲で使用した。フロー値、空気量ともにすべての試験体で目標値を満足した。

(2) 単位容積質量

再生細骨材を用いたモルタルの単位容積質量は、付着モルタルあるいは付着ペーストの影響により、密度の小さい再生細骨材の置換率が増加するのに伴い小さくなる。

(3) 塩化物含有量

塩化物含有量は、N, BFS では再生細骨材 L の置換率増加に伴い大きくなる傾向がみられた。砂代替で FAII を使用した場合には、明確な傾向はみられない。

3.1.2 硬化性状

圧縮強度、静弾性係数の試験結果を図-1に、長さ変化率の試験結果を図-2に示す。

(1) 圧縮強度

図-1より圧縮強度は、再生細骨材 L を用いた場合、置換率の増加に伴い圧縮強度は低下する傾向がみられた。圧縮強度の発現傾向は、再生細骨材 L の置換率が大きくなるほど材齢に伴う強度の発現も小さくなる傾向がみられた。この傾向は、再生粗骨材 L を用いたコンクリートの場合¹⁰⁾と同様である。混和材の影響は、4 週から 13 週にかけての強度発現の傾向でみると、フライアッシュを N+FAII の 20%と比較的多く置換した場合には、再生細骨材 L の置換率増加の影響は殆どみられず、FA-NS と同等である。一方、高炉スラグ微粉末を高炉セメント B 種相当で置換した場合は、再生細骨材 L の置換率が大きくなるのに伴い強度発現も小さくなり、混和材による長期強度の増進効果は小さくなる傾向がみられた。なお、



試料と浸漬容器 保管状況(グローブボックス内)

写真-1 浸漬試験状況

表-6 各種モルタルのフレッシュ性状

種類	フロー値 (cm)	空気量 (%)	単位容積質量 (kg/m ³)	温度 (°C)	塩化物含有量 (kg/m ³)
N-NS	195	6.0	2275	25.8	0.05
N-RLS15	195	4.6	2218	26.7	0.06
N-RLS30	186	3.8	2212	24.5	0.08
N-RLS50	172	5.6	2212	26.1	0.08
N-RLS75	192	5.6	2156	23.7	0.09
N-RLS100	175	4.6	2121	24.8	0.09
N-RMS	188	6.0	2187	24.7	0.07
FA-NS	195	4.8	2281	21.2	0.06
FA-RLS30	194	5.3	2187	22.0	0.06
FA-RLS50	205	3.8	2135	22.5	0.04
FA-RMS	174	3.6	2221	25.8	0.03
BFS-NS	191	3.4	2332	23.5	0.01
BFS-RLS30	187	4.7	2274	23.5	0.01
BFS-RLS50	196	3.2	2236	23.6	0.02
BFS-RMS	204	3.6	2221	25.0	0.04

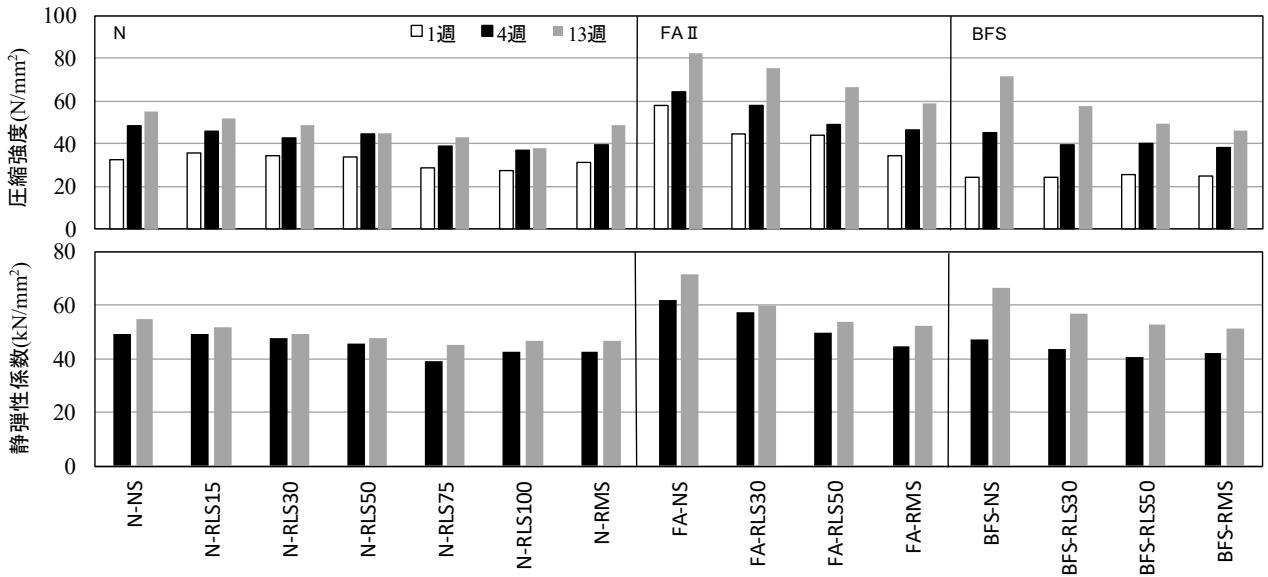
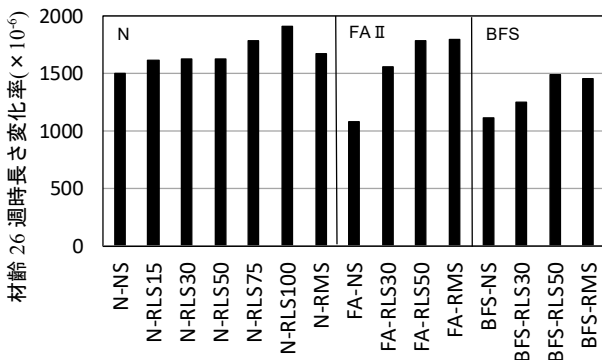


図-1 各種モルタルの圧縮強度および静弾性係数



※N-RLS100, BFS-RMS は2本の平均値による(注1)。

図-2 各種モルタルの長さ変化率

BFS-RLS50と再生細骨材Mを全量置換したBFS-RMSは、いずれの材齢においても同程度の圧縮強度が得られた。

(2) 静弾性係数

図-1より静弾性係数は、再生細骨材Lを用いた場合、圧縮強度と同様、置換率の増加に伴い静弾性係数は低下する傾向がみられた。混和材の影響は、4週から13週の増加傾向でみると、フライアッシュをN+FAIIの20%と比較的多く混入した場合でも、置換率30%以上で用いた場合には増加が小さくなる。一方、BFSを高炉セメントB種相当としてセメント質量の40%で置換した場合には、置換率に係らず一定の増加が得られる傾向がみられた。

(3) 長さ変化率

図-2より再生細骨材Lを用いたモルタルの長さ変化率は、置換率の増加に伴い大きくなる傾向がみられた。混和材の影響は、FAIIを用いた場合には、FA-NSにおいて、Nに対して低下するものの、置換率が50%になるとNとほぼ同等になる。一方、BFSにおいては、置換率50%の場合でもNやFAIIに対して低減した。なお、再生細骨材Lを置換率50%で用いた場合と再生細骨材Mを全量置換した場合の長さ変化率は同程度である。

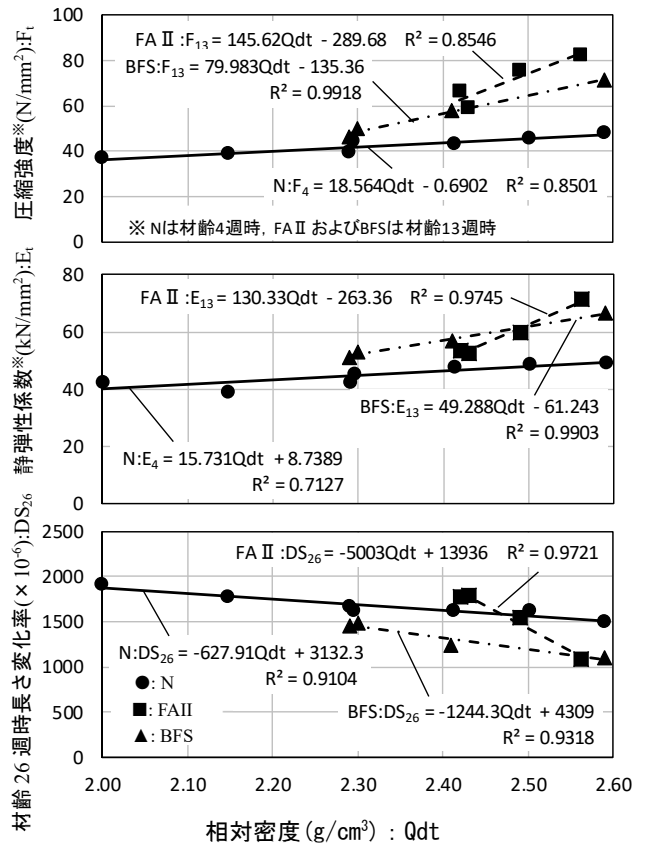


図-3 相対密度とモルタルの主要な性能との関係

3.1.3 性能評価

相対品質値法は、主に低品質再生骨材を用いたコンクリートの設計手法であり、一般骨材と再生骨材の主要物性(吸水率等)と置換率から式(1)に示すような相対品質値(使用骨材品質値の加重平均:容積比)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、耐久性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、耐

久性の評価を包含した性能設計が可能となる⁴⁾。

本検討では、フライアッシュを砂代替として利用したことから、主要物性には密度を用い、表-3に示した調査から式(1)に示す相対密度(容積比)を算出し、図-3に示すようにモルタルの主要な性能(圧縮強度、静弾性係数、長さ変化率)との関係の評価した。

$$Qdt = \frac{QCvNS \times a + QCrRS \times b + QFA \times c}{a + b + c} \dots \text{式(1)}$$

ここに、Qdt: 相対密度 (g/cm³)

QCvNS: 一般細骨材の絶乾密度 (g/cm³)

QCrRS: 再生細骨材の絶乾密度 (g/cm³)

QFA: フライアッシュの密度 (g/cm³)

a, b: 使用した各種骨材の絶対容積 (L/m³)

c: フライアッシュの絶対容積 (L/m³)

相対密度とモルタルの主要な性能との間には明確な相関性が認められる。例えば、BFSで再生細骨材Lを置換率50%で用いたBFS-RLS50と再生細骨材Mを全量置換して用いたBFS-RMSの相対密度はそれぞれ2.30g/cm³、2.29g/cm³となるが、材齢13週時圧縮強度でそれぞれ49.7N/mm²、46.5N/mm²、静弾性係数で53.0kN/mm²、51.0kN/mm²、材齢26週時長さ変化率で1492×10⁻⁶、1454×10⁻⁶となり、相対密度に対してほぼ相当の性能が得られている。このことは、他の試験体もほぼ同様である。従って、種類や置換率を変化させた再生細骨材を用いた場合、フライアッシュを砂代替として用いた場合でも、相対品質値法⁴⁾による性能設計が可能である。

3.2 セシウムの溶出抑制

分析結果を図-4に示す。なお、各データは3個の試料の平均値を示す^{注2)}。

(1) pH

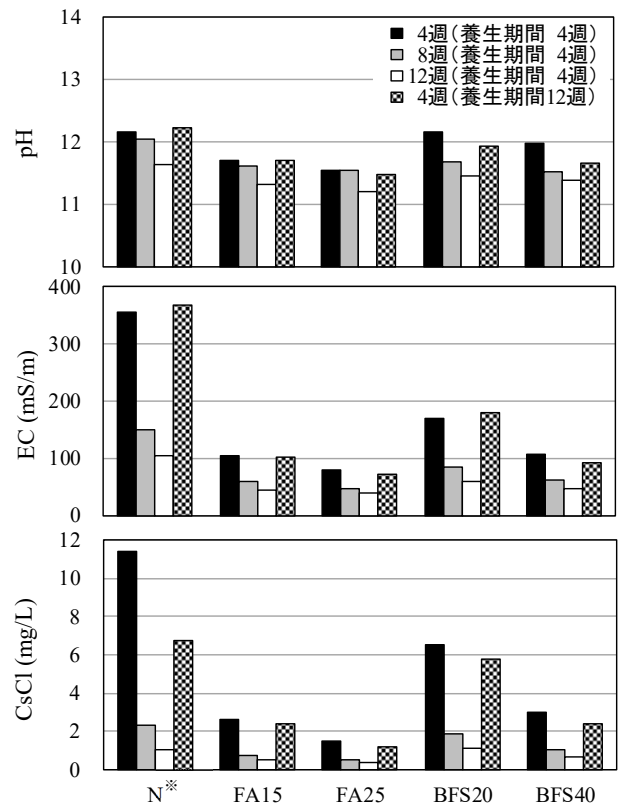
いずれの試料においても経時的にpHは小さくなった。混和材の影響は、Nに対してFA11、BFSを置換すると小さくなり、また、置換率の増加に伴い小さくなる。

(2) EC

ECは、溶存イオン量をおおまかに示す指標である。いずれの試料においても経時的に小さくなった。混和材の影響は、Nに対してFA11、BFSを置換すると小さくなり、また、置換率の増加に伴い小さくなる。なお、フライアッシュ、高炉スラグ微粉末ともにセメントのB種相当(FA15、BFS40)で比較すると同程度である。養生期間の影響は、両者ともほぼ同等で明確な差異は認められない。

(3) CsCl

いずれの試料においても経時的にCsClの溶出量は減少した。これは、細孔溶液中のイオンが試料表層から浸漬液に溶出する過程で試料内部から表層まで連なる細孔中をイオンが拡散する必要があるが、試料内部から表層にかけて物質の拡散が生じることで、試料内部に存在す



※Nの養生期間12週のデータは2試料の平均値^{注2)}

図-4 分析結果

るイオンの溶出量が経時的に減少することが考えられる。

混和材の影響は、養生期間4週の場合、Nでは浸漬期間12週までの溶出量の累積値が14.70mg/Lであったが、FA15、FA25ではそれぞれ3.89mg/L、2.42mg/Lと大幅に低減した。従って、フライアッシュの混入によりCsClの溶出量を大幅に抑制でき、さらに置換率を大きくすることで溶出抑制効果が高まる傾向が認められた。これは、フライアッシュのポゾラン反応によってセメント水和物相中の細孔(毛細管空隙)のうち、約20nm以上の比較的大きな細孔の量が減少するポゾラン反応¹¹⁾によると考えられる。一方、高炉スラグ微粉末においては、BFS20、BFS40で溶出量の累積値がそれぞれ9.56mg/L、4.78mg/Lと、混入に伴い空隙を微細化する効果により細孔構造が緻密になるため¹²⁾、混入量の増加に伴う溶出抑制効果が得られているものと考えられる。従って、さらに混入量を増加することにより溶出抑制効果が大きくなることが期待できる。フライアッシュ、高炉スラグ微粉末ともにセメントのB種相当で比較すると、同程度であり、B種相当以上の混入により効果が得られるといえる。

養生期間の影響は、いずれの試験体も4週に比べて12週の試料の溶出量が小さくなる傾向がみられ、特にNにおいては、材齢4週に対し、12週では約半分程度の溶出量であった。NのECはほぼ等しいことから、ナトリウム、カリウム、カルシウムなどセメントペースト硬化体に含まれるセメント起源の他のイオン¹³⁾の溶出が多く

なったことが原因の一つとして考えられる。

4. まとめ

低品質再生骨材を用いたコンクリートの利用拡大を目的に、フライアッシュ、高炉スラグ微粉末といった汎用的な混和材を用い、再生細骨材 L を用いたモルタルの性能評価ならびに混和材によるセシウムの溶出抑制対策の検討を行った結果、大要以下のことがいえる。

- (1) 再生細骨材 L を用いたモルタルのフロー値および空気量は、混和材の種類や置換率に係わらず、一般骨材を用いたモルタルと同様の割合により所定の品質をほぼ満足する。単位容積質量は、置換率の増加に伴い小さくなり、塩化物含有量は大きくなる傾向が認められる。
- (2) 圧縮強度、静弾性係数、長さ変化率は、再生細骨材 L の置換率の影響が認められ、強度発現も置換率が増加すると小さくなる。静弾性係数も同様の傾向が認められる。長さ変化率は置換率の影響が大きい。混和材の影響は、フライアッシュを比較的多く混入した場合には、強度発現において置換率の影響が低減される傾向がみられた。
- (3) モルタルの圧縮強度、静弾性係数、長さ変化率ともに相対密度との間に明確な関係が認められることから、種類や置換率を変化させた再生細骨材を用いた場合、フライアッシュを砂代替として用いた場合でも、相対品質値法による性能設計が可能である。
- (4) 放射性セシウムが付着したコンクリート塊から製造した再生骨材をコンクリートに使用することを想定した検討を行った結果、フライアッシュ II 種を 15%、高炉スラグ微粉末を 40% といったセメントで B 種相当以上混入した場合、大幅なセシウム溶出抑制効果が認められるとともに、混入量の増加に伴いその効果も大きくなる。

以上のことから、低品質再生細骨材を用いたコンクリートの性能は、一般的な割合設計上の配慮に加え、再生細骨材置換率の調整、混和材としてフライアッシュ、高炉スラグ微粉末の利用により所要の品質を得ることが可能である。また、これら混和材は、一定量の混入により、ASR 抑制対策ならびに Cr(VI) 溶出抑制対策に加え、セシウムの溶出抑制対策としても有効である。

謝辞

本研究の一部は、平成 29 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。本研究の実施において、(一財)電力中央研究所 山本武志博士の貴重なご助言を頂いた。また、2016 年度卒論生:平井里穂君、平光恭平君、2017 年度卒論生:石野智也君、鈴木普之君の多大なる協力を得た。ここに厚く謝意を表す。

注

- 注 1) 試験途中から 1 本の試験体が異常値を示したため、2 本の平均値とした。
- 注 2) N の養生期間 12 週の試料は、試験途中で 1 個が破損したため 2 個の平均値とした。

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) 土木学会：コンクリートからの微量成分溶出に関する現状と課題、コンクリートライブラリー111, 2003
- 3) 原子力損害賠償・廃炉等支援機構：東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン、2017.8.31
- 4) 日本建築学会：再生骨材を用いるコンクリートの設計・製造・施工指針(案)、2014
- 5) 建設省住宅局建築指導課長：コンクリートの耐久性確保に係る措置について、建設省住指発第 142 号、昭和 61 年 2 月 2 日
- 6) 道正泰弘、館 秀基、村 雄一、坂詰義幸：再生粗骨材残渣からの六価クロム溶出挙動と溶出抑制対策—建築構造物の解体に伴い発生するコンクリート塊のリサイクルシステム、日本建築学会技術報告集第 17 巻第 37 号、pp.803-808、2011.10
- 7) 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割合設計・施工指針(案)・同解説、2007
- 8) 溝口信夫、館 秀基、金子雄一、道正泰弘：再生骨材コンクリートのアルカリシリカ反応に対するフライアッシュによる抑制効果、コンクリート工学年次論文集, Vol.33 No.1, pp.1553-1558, 2011
- 9) 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
- 10) 道正泰弘：低品質再生粗骨材を用いたコンクリートの品質改善、コンクリート工学年次論文集, Vol.39 No.1, pp.1525-1530, 2017
- 11) 山本武志、金津 努：フライアッシュのポズラン反応に伴う組織緻密化と強度発現メカニズムの実験的考察、土木学会論文集 E, Vol.63 No.1, pp.52-65, 2007.1
- 12) 郭 度連、國府勝郎、李 昌洙、李 奎東：高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの内部組織の形成に及ぼす置換率の影響、コンクリート工学年次論文集, Vol.26 No.1, pp.783-788, 2004
- 13) 公開特許公報(A)：特開 2015-194436(P2015-194436A)、放射性セシウムの溶出抑制方法及び放射性セシウムの溶出が抑制された固化体、公開日 2015.11.5