

# 論文 再生骨材のプレキャストコンクリートへの利用に関する基礎的検討

道正 泰弘\*

要旨：再生粗骨材と同時に製造され、品質低下の程度が比較的大きいとされる再生細骨材の用途拡大を目的に、プレキャストコンクリート用骨材への利用について基礎的検討を行った。その結果、再分級による簡便な処理を行い、置換率 50%を上限として水セメント比を若干低減させ、蒸気養生を行うことにより、プレキャスト鉄筋コンクリート製品としての要求品質を満足できることが判明した。

キーワード：再生細骨材, 再生骨材コンクリート, 蒸気養生, プレキャストコンクリート製品

## 1. はじめに

筆者らが検討を行ってきているコンクリート塊のリサイクルシステム<sup>1)</sup>において、再生粗骨材の製造時に発生する再生細骨材(0-5mm)は、多くの原モルタルを含有しており、その影響で品質が低下する<sup>2)</sup>。このため、利用においては、骨材自体の品質改善を行う。用途を限定する等の対策が必要となる。このうち、<sup>3)</sup>について筆者らは、湿式磨砕処理工程を設け、品質改善を行う方法を提案している<sup>1)</sup>。しかし、この湿式磨砕処理は、品質は改善されるものの微粉が発生し、結果的にその処理に係わるコスト、CO<sub>2</sub>排出量が増加する。一方、利用量が期待できる構造用コンクリート骨材への利用については、耐久性等々の低下により置換率の上限は 20%程度に留まる<sup>2)</sup>。また、再生粗骨材に比べて原モルタルの混入量が多いことに起因して可溶性塩分量が多く溶出しやすいこと<sup>3)</sup>等解決すべき課題がある。更に、再生細骨材や微粉は、比表面積が大きく中性化しやすいことから、六価クロム等の微量成分が溶出しやすくなり<sup>4)</sup>、長期間保管する場合等は溶出抑制対策を講じる必要が生じる。本論文は、再生粗骨材と同時に製造される比較的低品質な再生細骨材の用途拡大を目的に、プレキャストコンクリート用骨材への利用について基礎的検討を行った。

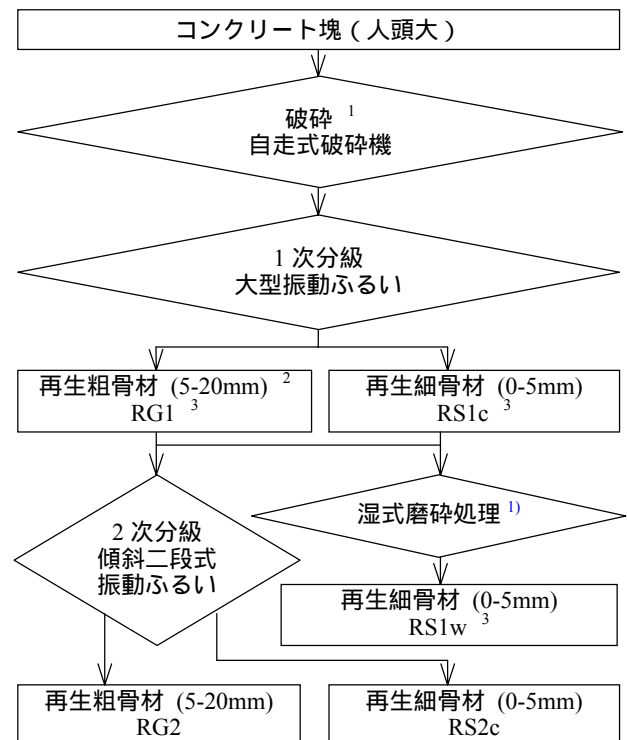
## 2. 原コンクリート

原コンクリートの概要を表 - 1 に示す。原コンクリートは、約 40 年経過した既設火力発電所に使用されていた鋼製煙突基礎および機械基礎である。コンクリート工事の履歴はなく、当時の仕様は不明である。品質は、コア供試体により、密度、圧縮強度および全塩化物イオン量を測定した。これらの諸性質はいずれも構造用コンクリートへの利用を目的とした目標品質を満足している<sup>1)</sup>。なお、アルカリシリカ反応性については、解体前に目視により確認を行った結果、有害なひび割れはみられない。

表 - 1 原コンクリートの概要

項目	緒 元		
構造物用途	既設火力発電所鋼製煙突基礎, 機械基礎		
経年	約 40 年		
工事履歴有無	なし (設計基準強度は不明)		
試験項目	試験方法	目標品質	測定値
密度 (kg/m <sup>3</sup> )	JIS A 1107	2200	X=2290 σ=21, n=18
圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )			18
全塩化物イオン量 (kg/m <sup>3</sup> )	JIS A 1154	0.30	X=0.21 σ=0.10, n=18
アルカリシリカ反応性	外観目視	有害なひび割れのないこと	なし

X:平均値, σ:標準偏差, n:試料(データ)数



1 鉄筋処理(磁選機)含む。 2 不純物除去(手拾い)を実施。  
3 比較のため、一部データを参考文献<sup>1)</sup>から引用した。

図 - 1 再生骨材の製造フロー

\* 東京電力(株)建設部土木・建築技術センター スペシャリスト 博士(工学) (正会員)

### 3. 再生骨材

#### 3.1 再生骨材の製造

本検討で用いた再生骨材の製造フローを図 - 1 に示す。再生骨材は、現場内で自走式破砕機(ジョークラッシャー搭載型)のオープンセットを粗骨材の最大寸法 20 mm に設定し、人頭大に大砕きした原コンクリートを破砕したのち、直ちに大型振動ふるいにより分級(1次分級)し、各々RG1 および RS1c として製造した。その後、傾斜二段式振動ふるい(油圧式、処理能力 0~40t/h)により再分級(2次分級)したものを各々RG2 および RS2c とした。なお、RS1c から湿式磨砕処理により RS1w を製造した<sup>1)</sup>。

以上の製造フローにより、再生粗骨材 2 種類、再生細骨材 3 種類を製造した。このうち、RG1 は実構造物の構造用コンクリート骨材として利用したものである<sup>1)</sup>。なお、粒度調整および不純物混入防止を目的に、破砕機の回転速度の調整により粒度調整を行い、水洗いととも磁選機を搭載した破砕機を用いた。更に RG1 では、最終工程に作業員を配置し手拾いにより不純物を除去した。

#### 3.2 再生骨材の性質

本検討で製造した再生骨材および普通骨材の性質を表 - 2 に示す。なお、再生骨材のアルカリシリカ反応性は、RG1 において確認し、無害の判定が得られている<sup>1)</sup>。

##### (1)粒度

再生粗骨材の粗粒率 (F.M.) は、RG1 では 6.52 であるのに対し、RG2 では 5.98 と小さくなった。一方、再生細骨材は、湿式磨砕処理を行った RS1w でやや大きくなったが、RS1c、RS2c では、それぞれ 2.78、2.82 であり、RS2c で若干大きくなるものの、砕砂とほぼ同等であった。

##### (2)密度および吸水率

RG1 の吸水率は 6.22% であったのに対し、2次分級を行った RG2 では 4.83% となり、振動ふるいによる分級工程を加えたことによる品質改善効果がみられた。一方、再生細骨材は、RS1c で 11.2%、RS2c で 8.05%、RS1w で 7.45% と、処理内容の影響を大きく受ける傾向がみられたが、湿式磨砕処理を行った場合でも砕砂の約 6 倍である。これは、もともと破砕および分級のみによる製造方法では、再生粗骨材に比べて原モルタルに支配される構成となる傾向にあることから<sup>2)</sup>、大幅な品質改善は困難である。なお、密度においても同様な傾向が認められる。

##### (3)実積率

再生粗骨材の粒径判定実積率(実積率)は、RG1 で 60.5%、RG2 で 62.9% とほぼ同等であり、いずれも目標品質の 55% 以上を満足する。一方、再生細骨材は、RS1c で 53.3%、RS2c で 60.6%、RS1w で 71.6% となり、処理内容で大きく異なる傾向がみられた。特に RS1w では湿式磨砕処理により表面が丸みを帯びるため大きくなる<sup>1)</sup>。

##### (4)微粒分量

再生粗骨材は、RG1 では 2.10% であるのに対し 2次分級した RG2 では 3.49% となり、目標品質の範囲を外れる。一方、再生細骨材は、湿式磨砕処理した RS1w では 1.14% となり、微粒分は大幅に除去されるが、RS2c では 14.69% と、砕砂の 5 倍をこえる値で、除去効果はみられない。

##### (5)塩化物量

再生粗骨材の塩化物量は、RG1 および RG2 とともに 0.01% 以下であった。一方、再生細骨材は、湿式磨砕処理した RS1w においても 0.013% の塩分が残存する<sup>1)</sup>。

表 - 2 本検討に用いた骨材の性質

品質項目	試験方法	再生粗骨材			砕石 (JIS A 5005)		再生細骨材			砕砂 (JIS A 5005)	
		目標品質 <sup>1)</sup>	RG1	RG2	NG1 <sup>2)</sup>	NG2 <sup>3)</sup>	RS1c	RS1w	RS2c	NS1 <sup>2)</sup>	NS2 <sup>3)</sup>
粗粒率 (F.M.)	JIS A 1102	6.60 ± 0.20	6.52	5.98	6.71	6.64	2.78	3.05	2.82	2.72	2.89
絶乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	JIS A 1109	2.2	2.39	2.51	2.66	2.64	1.98	2.21	2.24	2.61	2.60
吸水率 (%)	JIS A 1110	8.0	6.22	4.83	0.66	0.70	11.2	7.45	8.05	1.17	1.26
実積率 (%)	JIS A 1104	-	-	-	63.3	-	53.3	71.6	-	65.1	-
粒径判定実積率 (%)	JIS A 5005	55	60.5	62.9	-	61.4	-	-	60.6	-	67.4
微粒分量 (%)	JIS A 1103	3.0	2.10	3.49	0.52	0.48	-	1.14	14.69	2.69	2.81
塩化物量 (%)	JIS A 5002	-	0.01	0.01	-	-	-	0.013	-	-	0

1: 国土交通大臣認定(MCON-0979)の品質基準(製造時)<sup>1)</sup>。 2: 硬質砂岩系(秩父産)。 3: 硬質砂岩系(岩瀬産)

表 - 3 再生骨材の不純物量

JIS A 5021		測定値 (%) <sup>1)</sup>	土木学会指針案 <sup>5)</sup>		測定値 (%)	区分	測定値 (%)	
区分	上限値 (%)	RG1	区分	規定値 (%)	RG2		RS1c	RS1w
A	2.0	0.007	アスファルト分	0.5	0	ガラス片・陶磁器屑	0.0002	0.0002
B	0.5	0					塩化ビニール片、ガラス屑	1
C	0.1	0.003	レンガ・ボード屑	5	0	0.0396		
D	0.5	0.004				レンガ・タイル	5	0
E	0.5	0.005	木片、紙屑	5	0			
F	0.1	0.004				木片等有機物、紙	認められないこと	認められない
その他	-	(0.007)						
合計	3.0	0.023 (0.03)						

その他(鉄くず、ナイロン屑、ビニール屑)を加えた値。

### 3.3 不純物量

表 - 3 に再生骨材に含まれる不純物量の測定結果を示す。これによると、再生粗骨材では、RG1 で JIS A 5021 で許容される不純物量に比べて 1/100 程度<sup>1)</sup>、RG2 でも最終段階の除去工程(手拾い)は設けていないが、土木学会指針案<sup>5)</sup>の規定値を十分満足する。一方、再生細骨材は、作業員による除去工程を設けていないことから、再生粗骨材(RG1)に対して RS1c で 2 倍程度となる。

### 3.4 成分分析

再生細骨材および微粉末の成分分析結果を表 4 および表 - 5 に示す。なお、化学分析に用いた微粉末は、多段傾斜式小型乾式分級機(乾式分級機)により抽出した。

#### (1)化学分析

乾式分級機により、RS1c から抽出された微粉末の化学組成は、粒径によって異なるものの、150 $\mu$ m アンダーでみると、原骨材起源の SiO<sub>2</sub> が 24.1%、原モルタル起源の CaO が 25.9% とほぼ同等であった。土木学会指針案<sup>5)</sup>に示されている微粉末 (FP) と比較すると、密度、比表面積はやや小さい。また、CaO が若干少なく、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が多いが、SiO<sub>2</sub> はフライアッシュ 種(FA)の規定である 45.0% の半分程度であった。一方、活性度指数は、材齢 28 日時では 66.3% であるが、91 日では 55.0% と、材齢の経過に伴い小さくなり、FA の規定である 70% も下回ることから、反応性は低く強度発現性は期待できない。

#### (2)微量成分分析

RS1c、RS1w および湿式磨砕処理に使用された洗浄水の微量成分分析結果は、鉛及びその化合物、六価クロム化合物、水素イオン濃度以外はいずれも定量下限値もしくはそれ以下であった。このうち、鉛及びその化合物は、RS1c で制限値を上回る値が検出されたものの湿式磨砕処理後は下回った。一方、六価クロム化合物は、再生細

骨材中の含有量では 0.021 mg/L であるのに対し、制限値 (0.5 mg/L) は下回るものの、洗浄水からは、0.087 mg/L の値が検出された。なお、水素イオン濃度 (pH) は、11.2 ~ 11.8 の範囲にあり、制限値 (5.8 ~ 8.6) をこえる。

## 4. 再生骨材コンクリート

### 4.1 実験の概要

本検討で用いた試料コンクリートの調合を表 6 に、蒸気養生のパターン(製造工場別: A, B)を図 - 2 に示す。

#### (1)使用材料

骨材は、表 - 2 に示した普通粗骨材、細骨材を各々 2 種類、RG1 を除く再生粗骨材 1 種類、再生細骨材 3 種類を用いた。セメントは、普通ポルトランドセメント、化学混和剤には、AE 剤および高性能 AE 減水剤を使用した。

表 - 4 微粉末の化学分析結果

測定項目	試験方法	参考値		測定結果		
		FP	FA	1mm	150 $\mu$ m	
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	JIS R 5201	2.22	1.95	2.21	2.21	
比表面積 (cm <sup>2</sup> /g)		2120	1500	1870	-	
45 $\mu$ m ふるい残分 (%)	JIS A 6201	-	70	-	57.4	
活性度指数 (%)	JIS A 6201	-	60	-	66.3	
			70		55.0	
化学組成 (%)	CAJS I-12	ig. loss	-	5.0	12.1	35.0
		Insol.	33.56	-	47.0	25.6
		SiO <sub>2</sub>	14.76	45.0	-	24.1
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.56	-	8.9	9.2
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.46	-	6.2	0.54	
	CaO	27.41	-	19.9	25.9	
	MgO	0.91	-	1.5	1.2	
	SO <sub>3</sub>	0.97	-	-	0.86	
	CAJS I-11	Na <sub>2</sub> O	0.25	-	1.15	0.71
		K <sub>2</sub> O	0.15	-	0.79	0.41
Cl	JIS M 8813	0.010	-	0.023	0.007	

FP : 微粉末 (ジョークラッシャー), 土木学会指針案<sup>5)</sup>  
FA : フライアッシュ 種, JIS A 6201

表 - 5 再生細骨材および洗浄水の微量成分分析結果

微量成分の種類	試験方法	再生細骨材中の含有量 <sup>1)</sup>						洗浄水 <sup>2)</sup> 中の含有量		
		制限値 <sup>3)</sup>		RS1c		RS1w		制限値 <sup>4)</sup>	測定値 <sup>1)</sup>	
		mg/L	mg/kg	mg/L	mg/kg	mg/L	mg/kg	(mg/L)	(mg/L)	
第二種特定有害物質	カドミウム及びその化合物	JIS K 0102	0.01	150	<0.001	<1	<0.001	<1	0.1	<0.001
	六価クロム化合物		0.05	250	0.021	<10	0.033	<10	0.5	0.087
	シアン化合物		不検出	50	<0.1	<5	<0.1	<5	1	<0.1
	水銀及びその化合物	環告 59 号	0.0005	15	<0.0005	<1.0	<0.0005	<1.0	0.005	<0.0005
	アルキル水銀		不検出	-	<0.0005	-	<0.0005	-	不検出	<0.0005
	セレン及びその化合物	JIS K 0102	0.01	150	<0.001	<1.0	<0.001	<1.0	0.1	0.001
	鉛及びその化合物		0.01	150	<0.001	160	<0.001	86	0.1	<0.001
	砒素及びその化合物		0.01	150	<0.001	<10	<0.001	<10	0.1	<0.001
	ふっ素及びその化合物		0.8	4000	<0.08	<100	<0.08	<100	8	<0.08
ほう素及びその化合物	1		4000	<0.1	<50	<0.1	<50	10	<0.1	
第三種特定有害物質	ポリ塩化ビニフェール (PCB)	環告 59 号	不検出	-	<0.0005	-	<0.0005	-	0.003	<0.0005
その他	水素イオン濃度 (pH) <sup>5)</sup>	JIS K 0102	-	-	11.4	-	11.2	-	5.8 ~ 8.6	11.8

1 <表示は定量下限値未満を示す。 2 湿式磨砕処理後の水(分析用を含む)は、沈澱槽に保留されたのち最終処分される。

3 土壌環境基準 (環境省, 土壌汚染対策法, 平成 14 年 5 月 29 日, 法律第 53 号) による。

4 排水基準 (環境省, 水質汚濁防止法, 昭和 45 年 12 月 25 日, 法律第 138 号) による。 5 水温は 24 で実施した。

表 - 6 本検討に用いたコンクリートの調合概要

記号	W/C (%)	蒸気養生のパターン	再生骨材置換率 (%)				s/a (%)	W (kg/m <sup>3</sup> )	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )															
			粗骨材		細骨材				C	G			S			AE 剤 <sup>2</sup>	高性能 AE 減水剤 <sup>3</sup>							
			RG2	RS1c	RS1w	RS2c				NG1	NG2	RG2	NS1	NS2	RS									
RS2c 50-35	35	A	0	0	0	50	40	160	457	1042	0	342	317	0.0046	5.49									
RS2c100-35						100										0	634	0.0069	5.94					
NG2NS2-38	38	A	0	0	0	42	160	421	1025	0	730	0	0.0021	3.79										
RS1w 50-38															50	156	411	1036	369	335	0.0025	4.11		
RS1w100-38						100	162	426	1037	0	671	0.0038	4.69											
RS2c 50-38						50								0	0	50	160	421	1042	355	329	0.0038	4.69	
RS2c100-38							100	167	439	520	492	341	310			0.0040								5.27
RG250-RS2c 50-38							50																	
RG250-RS2c100-38						100		160	390	1022	0	730	0	0.0020	3.51									
NG2NS2-41	41	A	0	0	0	43	160									390	1022	0	730	0	0.0020	3.51		
RS2c 50-41								50	161	393	1037	0	370	343	0.0039								4.32	
RS2c100-41								100																160
NG1NS1-45	45	B	0	0	0	43	148	329	1075	0	797	0	0.0033	3.62										
RS1c 50-45															50	153	340	1061	0	393	329	0.0034	3.74	
RS1c100-45															100									158

1RS:再生細骨材(RS1c, RS1w, RS2c), 2アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤, 3ポリカルボン酸エーテル系化合物

(2)調合および試験方法

プレキャストコンクリート製造工場の一般的な調合をもとに、置換率を 0%,50%,100%の 3 水準、水セメント比を 35%,38%,41%,45%の 4 水準に変化させ、所定のスランブ、空気量が得られるように化学混和剤で調整した合計 15 種類の試料コンクリートを用意した。養生は、製造工場毎のパターンによる蒸気養生、比較用に標準養生を行った。試験方法および養生方法を表 - 7 に示す。

4.2 フレッシュ性状

スランブおよび空気量測定結果を表 - 8 に、単位容積質量および塩化物含有量測定結果を表 - 9 に示す。

(1)スランブおよび空気量

所定のスランブ、空気量を得るため、置換率の変化に応じて化学混和剤の量を調整した。RS1w を使用したコンクリートでは、普通骨材を用いたものと同量であったのに対し、RS1c および RS2c を使用した場合は、置換率の増加に応じて増加させた。中でも、置換率の最も大きい RG250-RS2c100-38 では、高性能 AE 減水剤を 1.85kg/m<sup>3</sup> 増加させた。再生骨材コンクリートの骨材修正係数は、0.2% ~ 0.8% の範囲にあり、品質が低い骨材を用いた場合および置換率の増加に伴い大きくなる。

(2)単位容積質量および塩化物含有量

RS1c を用いた水セメント比 45% のコンクリートの単位容積質量は、置換率の増加に伴い小さくなる。一方、塩化物含有量の測定値は、RS1c 50-45 および RS1c100-45 とともに 0.039kg/m<sup>3</sup> となり、普通コンクリートに比べると大きくなるものの、置換率による差異は認められない。

4.3 硬化性状

(1)単位容積質量 (密度)

表 - 9 より、RS1c を用いたコンクリートの材齢 28 日の密度は、養生方法の影響がみられた。標準養生に比べて蒸気養生では小さく、その程度は置換率の増加に伴い

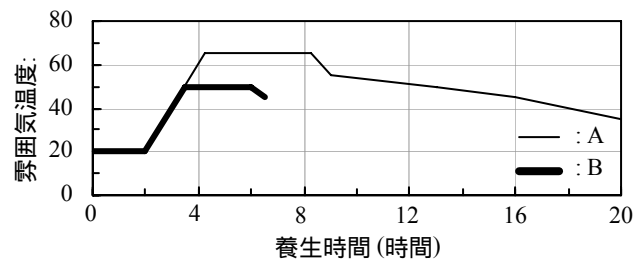


図 - 2 蒸気養生のパターン

表 - 7 試験方法および養生方法

試験項目	試験方法	養生方法等	
		種別	条件
スランブ	JIS A 1101	-	-
空気量	JIS A 1128	-	再生骨材コンクリートは、骨材修正係数を差し引いた値を示す。
単位容積質量	JIS A 1116	-	-
塩化物含有量	JIS A 5308 9.6	-	-
圧縮強度 <sup>1</sup>	JIS A 1108	蒸気	A: 脱型後, 20 気中 B: 脱型後, 20 水中
		標準	20 水中
圧縮弾性	JIS A 1149	蒸気	A: 脱型後, 20 気中 B: 脱型後, 20 水中
		標準	20 水中
長さ変化率	JIS A 1129 -3	蒸気	脱型後, 20 気中
		標準	脱型後, 材齢 7 日まで 20 水中 以降 20 気中
促進中性化	JIS A 1153	蒸気	脱型後, 材齢 28 日まで 20 気中
		標準	脱型後, 材齢 28 日まで水中, 以降材齢 56 日まで 20 気中
凍結融解抵抗性	JIS A 1148 A 法	蒸気	脱型後 材齢 14 日まで 20 気中 以降材齢 28 日まで 20 水中
		標準	脱型後, 材齢 28 日まで 20 水中
塩化物イオン拡散性	JSCE-G571 -2003	蒸気	圧縮強度と同様 (試験片は、圧縮強度試験体から採取 <sup>2</sup> )

<sup>1</sup> 密度の測定を含む。

<sup>2</sup> 圧縮強度試験体の打設面から 20mm を除いた 50 mm を上部、その下 50mm を下部として採取した。

表 - 8 スランプおよび空気量測定結果

コンクリートの種類	スランプ (cm)		空気量 (%)	
	目標値	測定値	目標値	測定値
RS2c 50-35	8 ± 2.5	8.0	4.5 ± 1.5	4.4 (0.3)
RS2c100-35		10.5		4.5 (0.6)
NG2NS2-38		6.5		5.1
RS1w 50-38		7.0		5.3 (0.2)
RS1w100-38		10.5		5.0 (0.3)
RS2c 50-38		9.5		3.8 (0.2)
RS2c100-38		9.5		3.8 (0.7)
RG250-RS2c 50-38		7.5		4.0 (0.4)
RG250-RS2c100-38		8.0		3.8 (0.8)
NG2NS2-41		8.0		5.5
RS2c 50-41		9.5		4.1 (0.2)
RS2c100-41		10.5		3.7 (0.5)
NG1NS1-45		7.1		5.3
RS1c 50-45		10.2		5.2 (0.3)
RS1c100-45		8.1		4.5 (0.5)

( ) は骨材修正係数を示す。

表 - 9 単位容積質量および塩化物含有量測定結果

コンクリートの種類	単位容積質量 (kg/m <sup>3</sup> )			塩化物含有量 (kg/m <sup>3</sup> )	
	フレッシュ時	硬化後(材齢28日)		管理値	測定値
NG1NS1-45	2310	2406	2424	0.30 以下 (JIS A 5308)	0.030
RS1c 50-45	2238	2262	2285		0.039
RS1c100-45	2216	2238	2271		0.039

大きくなり、NG1NS1-45では両者の差異が18kg/m<sup>3</sup>であるのに対し、RS1c100-45では33kg/m<sup>3</sup>となった。

(2) 圧縮強度および圧縮弾性

図 - 3 に圧縮強度試験結果を示す。要求品質は、プレキャスト鉄筋コンクリート製品として、普通コンクリートにおいて、概ね 35 N/mm<sup>2</sup> ~ 40 N/mm<sup>2</sup> の強度が得られるように設定し、水セメント比 38% を基準に 3 ~ 7% 増減させた W/C=35% ~ 45% の再生骨材コンクリートで検討を行った。水セメント比 38% で蒸気養生した場合、RS1w を用いたコンクリート以外は、いずれも 40 N/mm<sup>2</sup> を下回り、置換率の増加に伴い低下するが、水セメント比を 3% 低減、即ち、W/C=35% とすることにより要求品質を満たすことが可能となる。但し、実機練りの影響による 10% の強度低減<sup>1)</sup> を考慮すると、RS2c のみを用いたものの置換率は、本検討の範囲内では 50% が上限となる。一方、要求品質を 35 N/mm<sup>2</sup> とした場合、RS1c を用いたものおよび RS2c を置換率 100% で用いたもの以外は 35 N/mm<sup>2</sup> を上回る。なお、RS1c を 50% 以上置換して蒸気養生したものでは、境界ブロックの要求品質である 24 N/mm<sup>2</sup> も下回る。図 - 4 は、RS2c を用いたコンクリートのセメント水比と圧縮強度の関係を示したものである。材齢 14 日の蒸気養生では、標準養生(材齢 28 日)の 80% 程度となる。また、置換率 50% の増加に対して 10% 程度低下する。材齢と圧縮強度の関係は、材齢 14 日に対して 1 日では、75% 程度の強度発現が得られている。なお、図 - 5 に RS1c を用いたコンクリートの材齢と圧縮強度の関係を

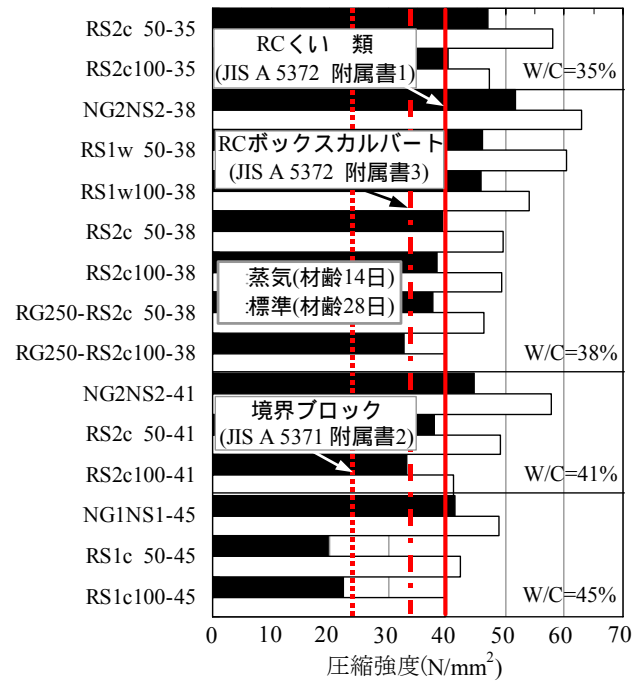


図 - 3 圧縮強度試験結果

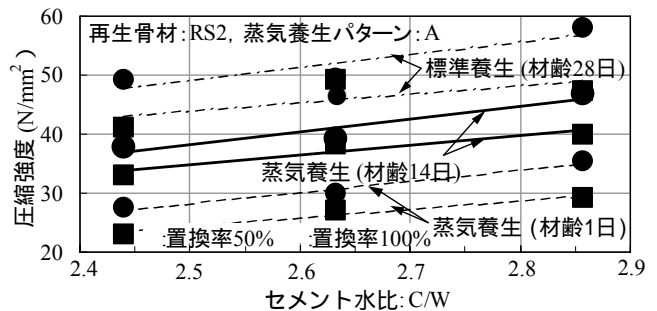


図 - 4 セメント水比と圧縮強度の関係

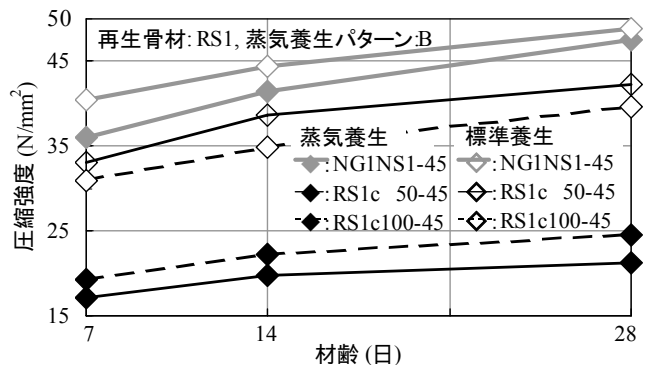


図 - 5 材齢と圧縮強度の関係

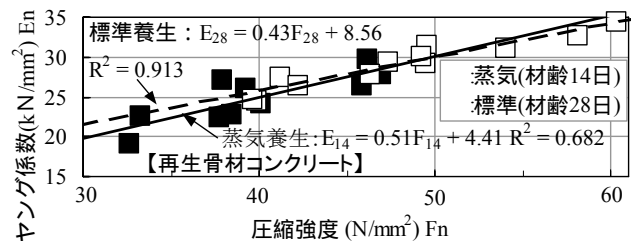


図 - 6 圧縮強度とヤング係数の関係

示すが、普通コンクリートに対し養生方法に係わらず 14 日以下の強度発現は小さい。図 - 6 に圧縮強度とヤング係数の関係を示す。蒸気養生、標準養生ともにほぼ同様な直線関係で、両者間には明確な相関性がみられる。

(3)長さ変化および耐久性能

図 - 7 に RS2c を用いたコンクリートの長さ変化および促進中性化試験結果を示す。長さ変化率は、置換率が100%の RS2c100-38 の標準養生でやや大きくなる傾向がみられたが、いずれも目標値の 800 $\mu$ m を下回っている。一方、促進中性化深さは、養生方法の影響が明確にみられた。材齢 26 週時における値は、蒸気養生を行ったものの 10.5mm ~ 13.8mm に対し、標準養生では 0.4mm, 2.6 mm と両者の差は大きい。なお、いずれも目標品質の 25 mm を大きく下回る。図 - 8 に、RS2c を用いたコンクリートの凍結融解試験結果を示す。凍結融解抵抗性は、養生方法の影響が明確にみられた。蒸気養生では、再生細骨材の置換率 100% の場合でも耐久性指数(D.F.)は 70 をこえているが、標準養生では、フレッシュコンクリートにおいては、適切に空気が連行されているにも係わらず、D.F.は置換率 50%で 35, 100%で 20 と大きく低下した。

(4)塩化物イオン拡散性

表 - 10 に、RS2c を用いた水セメント比 38%のコンクリートの塩化物イオン拡散性試験結果を示す。置換率の増加に伴い実効拡散係数は大きくなる。また、蒸気養生したものが、標準養生に比べて大きい傾向がみられた。

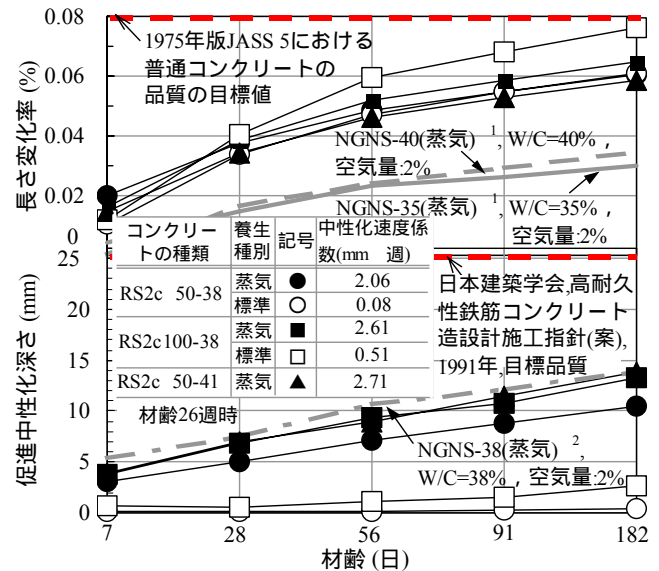
5.まとめ

再生細骨材の用途拡大を目的に、プレキャストコンクリート用骨材への利用について基礎的検討を行った。

- 1) 破碎および分級により、再生粗骨材と同時に製造される再生細骨材は、一部制限値をこえる微量成分が含有されており、コンクリート用骨材への利用は、環境リスクを回避する上でも有効と考えられる。
- 2) 比較的低品質な再生細骨材を用いた場合でも、化学混和剤の使用により所定のスランプ、空気量を得ることが可能である。また、置換率の増加により圧縮強度は低下するものの、蒸気養生を行った場合では、標準養生に対して、長さ変化および耐凍結融解抵抗性は改善される。
- 3) 本検討の範囲では、再分級により品質改善された比較的低品質な再生細骨材は、置換率 50%を上限として水セメント比を 3%程度低減させ、蒸気養生を行うことにより、プレキャスト鉄筋コンクリート製品としての要求品質を満足することが可能である。

参考文献

1) Yasuhiro Dosho “Development of a Sustainable Concrete Waste Recycling System -Application of Recycled Aggregate Concrete Produced by Aggregate Replacing Method” Journal of Advanced Concrete Technology, Vol.5, No.1, pp. 27-42, JCI, Feb. 2007.



1 工場参考値:普通コンクリート,最高養生温度65  
2 工場参考値:普通コンクリート,最高養生温度50

図 - 7 長さ変化および促進中性化試験結果

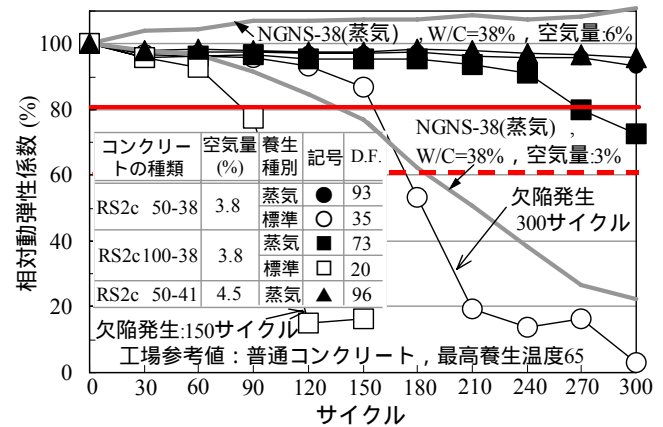


図 - 8 凍結融解試験結果

表 - 10 塩化物イオン拡散性試験結果

コンクリートの種類	養生種別	実効拡散係数 (cm <sup>2</sup> /年)		
		上部	下部	平均値
RS2c50-38	標準	1.526	1.300	1.413
	蒸気	3.085	2.616	2.850
RS2c100-38	標準	2.256	2.236	2.246

2) 道正泰弘, 菊池雅史, 増田 彰, 小山明男, 三浦隆広: 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

3) 道正泰弘, 金子雄一, 小田部裕一, 菊池雅史: 再生骨材コンクリートの塩化物イオン量に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.2, pp. 415-420, 2007

4) 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

5) 土木学会: 電力施設解体コンクリートを用いた再生骨材コンクリートの設計施工指針 (案), コンクリートライブラリー-120, 2005