

論文 骨材置換による再生骨材コンクリートの実構造物への適用

館 秀基*1・溝口 信夫*2・岡本 英明*3・道正 泰弘*4

要旨: 事務所建物の解体に伴い発生したコンクリート塊から再生骨材を製造し、構内の機器置き場の基礎に再生粗骨材を置換率 50% で用いた約 620m³ のコンクリートを適用した。適用に際しては、国土交通大臣認定に準じて品質管理を行った。更に、適用したコンクリート、比較用に普通コンクリート、再生粗骨材と再生細骨材をそれぞれ置換率 30% で用いたコンクリートを製造しモニタリング試験体により長期性状を含む品質確認を行った。その結果、再生粗骨材のみを用いた場合では適切な品質管理により普通コンクリートと同様に適用でき、再生細骨材を用いた場合でも一定の置換率の範囲であれば所定の品質を得ることが可能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、骨材置換、実構造物、品質管理、モニタリング

1. はじめに

経済産業省は、2005 年に 3R 技術戦略マップを策定・公表し、「循環型経済社会システムの構築」にむけた 2010 年までの目標と取り組みを示した。一方、火力発電所をはじめとする大規模電力建物の解体により、膨大に発生するコンクリート塊については、有効利用の拡大を図るとともに、適正な処理・処分を行うことが必要となる。

これまで筆者らは、持続可能な循環型経済社会システムの構築に寄与することを目的に、経済的で低環境負荷に資するコンクリート塊の持続可能なリサイクル技術の開発と適用を推進してきている¹⁾。具体的には、コンクリート塊を破碎した後、再生粗骨材および再生細骨材に分級し、これらを普通骨材に置換して所定の品質を確保する方法により、構造用コンクリートあるいはプレキャストコンクリート製品に利用するものである^{2),3)}。

本論文は、骨材置換による再生骨材コンクリートの構造用コンクリートへの適用拡大を目的に、火力発電所構内にある事務所建物の解体コンクリート塊から製造された再生骨材を用い、構内の実構造物への適用ならびに長期性状を含む品質確認を行った結果を示す。

2. 適用構造物の概要

構造物の概要を表-1 に、再生骨材コンクリートを適用した構造物の外観を写真-1 に示す。構造物は、使用済みの機器を仮置きするための鉄筋コンクリート造のマット基礎で、設計基準強度は 30N/mm² である。規模は 37m×21m×0.8m で、一部を除き再生粗骨材を 50% で置換した約 620m³ のコンクリートを適用した。

当該構造物は、建築基準法適用外であるが、再生骨材コンクリートは、国土交通大臣認定 MCON-0979²⁾ に準じ

て管理を行った。具体的には、施工監理者、設計者、施工者、製造者(再生骨材、再生骨材コンクリート)による品質管理委員会を構成し、品質および工程管理を行った。

3. 原コンクリート

原コンクリートの概要を表-2 に示す。

3.1 原コンクリートの概要

本検討の対象とした原コンクリートは、既設火力発電所の構内に建設された約 45 年経過した事務所建物³⁾の

表-1 構造物の概要

項目	概要
用途	機器置き場(建築基準法適用外)
構造, 規模	RC 造, 37m×21m×0.8m
建設場所	都市近郊 ^{※1} , 海岸隣接地域
設計基準強度, 物量	Fc=30N/mm ² , 約 620m ³
再生骨材コンクリート	品質管理 ^{※2}
	国土交通大臣認定 MCON-0979 (2004 年 9 月 15 日) ²⁾ による ^{※3}
	置換率
	再生粗骨材: 50%
	打込み時期
	2008 年 2 月(気温 6°C, 湿度 23%)

※1: JASS 5(2003 年版)による凍害地域には該当しない。
 ※2: 建築基準法適用構造物(建築物)と同等の管理を実施。
 ※3: MCON-0979 は再生粗骨材コンクリートに対する認定。



写真-1 実構造物の外観

*1 東京電力(株) 建設部土木・建築技術センター建築構造技術グループ (正会員)

*2 東電工業(株) 土木建築本部建築グループ (正会員)

*3 住友大阪セメント(株) セメント・コンクリート研究所

*4 東京電力(株) 建設部土木・建築技術センター 博士(工学) (正会員)

ンクリート塊である。コンクリート工事の施工管理記録はなく、設計基準強度等当時の仕様は不明である。なお、原コンクリートに供する事務所建物は、ペントハウス(PH)を含む地上5階(層)建てであるが、このうち、アスファルト防水が施されている4階とPH部分、解体工事の際に多くの土等の混入が懸念される1階部分は使用せず、2階および3階部分を原コンクリートとして用いた。

3.2 原コンクリートの性状

原コンクリートは、コア供試体等により、密度、圧縮強度および全塩化物イオン量を確認した。これらの諸性質は、いずれも目標品質を満足している。なお、一般的に火力発電所は海岸隣接地域に建設されており、飛来塩分の影響を受ける環境条件下にある²⁾。このため、全塩化物イオン量の目標品質は0.30kg/m³以下としている。

アルカリシリカ反応性は、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ことを確認した。更に、仕上げ材が施されていたため、目視に加えてコア供試体を採取し試験による確認を行い、当該部位については無害の判定が得られている。

4 再生骨材

本検討で用いた再生骨材の製造フローを図-1に、製造状況を図-2に示す。

4.1 再生骨材の製造

再生骨材は、解体現場内で自走式破砕機(ジョークラッシャー搭載型)および自走式二段スクリーンを配置して製造を行った。オープンセットを50mmに設定した破砕機により、人頭大に大砕した原コンクリートを破砕し、直ちに自走式大型二段振動スクリーンにより分級した。

スクリーンの目開きは、上段を23mm、下段は7mmとし、各々RG、RSとして製造した。なお、破砕機の回転速度およびふるいの角度を調整することより粒度調整し、磁選機を搭載した破砕機を用いた。更に、RGでは、最終工程に作業員を配置し不純物を除去(手拾い)した。

以上の製造フローにより、再生粗骨材および再生細骨材を各々1種類ずつ製造した。この製造フローでは、再生粗骨材の製造効率率は約19ton/h、収率は約46%であった。

4.2 再生骨材の品質

本検討に使用した骨材の品質を表-3に示す。このうち、実構造物には再生粗骨材のみを使用した。一方、再生細骨材は、実構造物に適用した再生骨材コンクリートの長期性状を含む品質確認を目的に作製した屋外暴露試験体(モニタリング試験体)の比較用試験体に用いた。

これらに使用した再生骨材は、製造後、生コン工場内のヤードで保管され、設置された7台の散水設備(45L/min)により、搬出時毎に15~30分程度散水し十分なプレウエッチングを行い、搬出直前に湿潤状態を確認した。

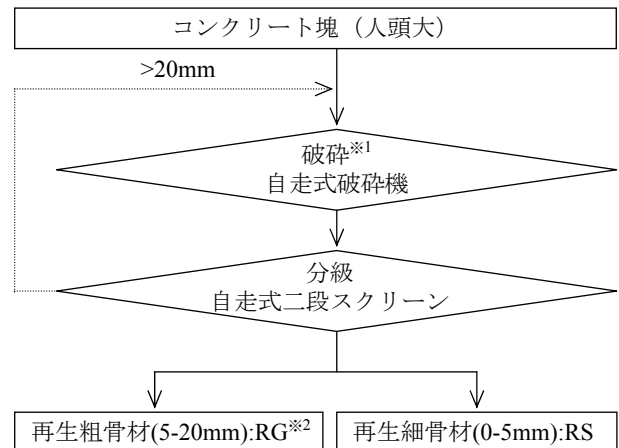
(1) 再生粗骨材

表-3に示すように、試料は製造時に1回、受入れ時には2回に分けて採取しているが、粗粒率に若干の変動が認められた以外、概ね安定した品質を示し、いずれも管理値の範囲内であった。なお、不純物については、総量で0.80wt%、紙くず・木片で0.05wt%と仕上げ材の影響

表-2 原コンクリートの概要

項目	緒 元		
用途、構造、経年	事務所建物、RC造、約45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 ³)		≥2200	X=2207, σ=40, n=3
圧縮強度(N/mm ²)	JIS A 1107	≥18	X=21.9, σ=4.1, n=9
全塩化物イオン量(kg/m ³)	JIS A 1154	≤0.30	X=0.05, σ=0.02, n=3
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
	JIS A 1804	無害	無害, n=2

※ 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 手拾いによる不純物除去。

図-1 再生骨材の製造フロー

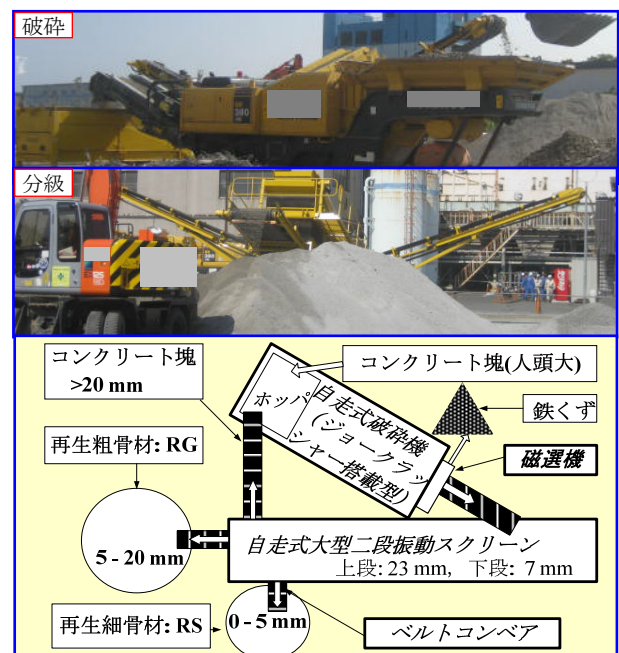


図-2 再生骨材の製造状況

表-3 本検討に使用した骨材の品質

試験項目	試験方法	再生粗骨材(Gmax:20mm):RG				砕石 ^{※6} G	再生細骨材:RS (製造時)	山砂 ^{※7} S1	砕砂 ^{※8} S2
		管理値 (MCON-0979)	製造時	受入時 ^{※5}					
				1回目(0-250t)	2回目(250t-)				
絶乾密度(g/cm ³)	JIS A 1109	2.2 ≤	2.23	2.26	2.26	2.69	1.89	2.53	2.64
吸水率(%)	JIS A 1110	≤8.0	7.0	5.79	5.79	0.34	14.74	1.85	1.35
粗粒率(F.M.)	JISA 1102	6.60±0.20	6.56	6.67	6.62	6.61	3.52	2.10	3.40
微粒分量(%)	JISA 1103	≤3.0	1.8	1.8	1.8	0.55	7.6	1.6	3.5
アルカリシリカ 反応性	JIS A 1146		-	-	-	無害	-	無害	無害
	JISA 1804 ^{※1}	無害	無害	無害	無害	-	無害	-	-
	ZKT-206 ^{※2}	反応性なし	反応性なし(A)	反応性なし(A)	反応性なし(A)	-	反応性なし(A)	-	-
不純物量 (wt%)	総量 紙くず,木片	JIS A 5021	≤1.0 ^{※3}	0.80 ^{※4}	-	-	0.52 ^{※4}		
			≤0.1 ^{※3}	0.05 ^{※4}	-	-	0.05 ^{※4}		

※1:MCON-0979 では製造時に実施し受入側は試験成績表にて確認する。※2:MCON-0979 では受入側が実施する。※3:管理値の根拠は文献3)に示す。※4:任意に採取した3つのサンプルの平均値。※5:1回/受入量250t及び産地又は骨材種変更時。ZKT-206は工事開始前及び産地又は骨材種変更時。※6:高知県鳥形産石灰岩砕石 ※7:千葉県市原市産 ※8:高知県鳥形産砕砂

表-4 本検討に用いたコンクリートの調合概要

種類	置換率(%)		目標スランプ (cm)	目標 空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)										アルカリ 総量 (kg/m ³)
	再生 粗骨材	再生 細骨材					W	C	粗骨材		細骨材			AE減 水剤 ^{※2}	高性能AE 減水剤 ^{※3}		
	G	RG							S1	S2	RS						
NGNS	-	-	18±2.5	4.0±1.5 (5.0±1.0) ^{※1}	50.5	45.4	168	333	1004	-	475	332	-	-	2.66	2.16	
RG50	50	0		43.0	45.6	167	388	489	434	468	324	-	-	3.10	2.52		
RG30RS30	30	30		40.0	40.9	185	463	697	264	275	190	169	9.26	-	2.97		

※1:凍結融解作用を受ける地域 ※2:リグニンスルホン酸塩系 ※3:ポリカルボン酸エーテル系化合物

響により、既往の適用実績²⁾に比べてやや多めであった。

(2) 再生細骨材

再生細骨材は、密度、吸水率、微粒分量等の品質が通常の骨材と比べ、付着モルタル分もしくは付着ペースト分が多く含まれていることに起因し^{2),3)}品質が低下した。特に吸水率は約15%と大きい。不純物量は総量で0.52wt%と再生粗骨材に比べて少ない。これは、製造時に混入した不純物は陶磁器類が多く、やや扁平な形状から破碎されずに下段のふるいに留まったためと推察される。

5 再生骨材コンクリート

実構造物ならびに品質確認に用いた再生骨材コンクリートの調合概要を表-4に示す。なお、MCON-0979では、アルカリシリカ反応抑制のため、再生粗骨材コンクリートのアルカリ総量は、JIS A 5308:2003 附属書2により算出し3.0kg/m³以下であることが規定されている。

5.1 調合設計

調合は普通骨材を用いたNGNSを基本とし強度の条件を同等とすることで、使用する再生骨材の置換率に応じて、実施した試験練りに基づく強度の低減率に対して補正を加えて決定したものである。表-4に示したNGNSの調合は、33-18-20Nの基本調合であり、これをもとにRG50、RG30RS30の調合を設定した。使用骨材は、表-3に示した普通粗骨材としてGを、普通細骨材はS1とS2を60:40で混合したものを用いた。再生骨材の置換率は、再生粗骨材の吸水率が8.0%以下を品質基準の管理値としたMCON-0979では、構造物コンクリートとして利用する場合の上限は50%としている²⁾。一方、再生細骨

表-5 水セメント比の基準値

記号	水セメント比算定式	W/C [※]
NGNS	$_{28}F=29.72 \times (C/W) - 19.12$	50.5% (1.98)
RG50	$_{28}F=18.02 \times (C/W) - 0.87$	43.0% (2.33)
RG30RS30	$_{28}F=16.07 \times (C/W) - 1.07$	40.5% (2.47)

※()内はセメント水比



写真-2 実構造物の施工状況

材は、強度発現性が低いことから30%を上限とした³⁾。

調査強度(mF)は、日本建築学会 JASS 5(2003年版)の方法と条件(標準養生、材齢28日、品質基準強度 Fq:33.0 N/mm²、温度補正值 Tn:6.0N/mm²、標準偏差σ:3.9N/mm²)に基づき設定し、RG50のmFは45.7N/mm²となった。

セメント水比(C/W)と $_{28}F$ の関係から得られた回帰式とmFに対応する水セメント比の基準値を算定した結果を表-5に示す。NGNS、RG50、RG30RS30の水セメント比は、それぞれ50.5%、43.0%、40.5%となった。なお、得られた調合と使用材料から算出した各種コンクリートのアルカリ総量は、NGNS、RG50、RG30RS30で、それぞれ2.16kg/m³、2.52kg/m³、2.97kg/m³となり、再生骨材の混入に伴い大きくなるもののいずれも3.0kg/m³以下であった。

5.2 実構造物への適用

実構造物に適用した再生骨材コンクリートの調合はRG50とし、レディーミクストコンクリート工場(生コン

工場)で 33-18-20N のコンクリートを製造した。生コン工場から建設場所までの運搬時間は約 30 分であり、冬期(2008 年 2 月)の施工であることから、スランプロスは 1.0 cm 程度を見込んで出荷した。検査内容を表-6 に示す。

(1) フレッシュ性状および施工性

施工状況を写真-2 に示す。再生骨材コンクリートは通常と同じ設備で施工されたが、良好な施工性が得られた。運搬時間は約 30 分(輸送 25 分、場内運搬 5 分)であり、ポンプ車 2 台を使用し打込み速度約 70m³/h で打込んだ。生コン工場における製造時の製品検査および建設場所での受入検査結果を表-7 に示す。なお、受入検査においてスランプおよび空気量は、50m³ 毎に検査を実施したが、運搬時間が短いことから工場出荷時との差異は殆どなく、運搬によるスランプロスはほとんど生じていない。一方、空気量も工場出荷時で 4.0~4.3%の範囲にあり、運搬による経時変化は殆どないことが確認された。なお、RG50 における骨材修正係数は、0.3%であった。

(2) 圧縮強度

MCON-0979 では、圧縮強度の管理値は材齢 28 日の標準養生供試体により、1 検査ロットの平均値: $X \geq Fq+T$ ($Fq=33N/mm^2, T=6N/mm^2$) と検査ロット内の 1 回の試験の最小値: $X_{min} \geq 0.85 \times (Fq+T)$ で管理することと規定されている。検査ロットは、原則として打込み工区ごとかつ打込み日ごとに構成するが、当該構造物では、同一工区で同日に打込みを行ったため、打込み数量のみにより構成した。その結果、製品検査で X は、47.8N/mm², 49.5N/mm², X_{min} では 46.9N/mm², 49.3N/mm² であった。一方、受入検査では、X で 48.9N/mm², 48.4N/mm², X_{min} では 48.2N/mm², 46.8N/mm² となり、いずれも管理値を満足する。

5.3 モニタリングによる品質確認

図-3 にモニタリング試験体の概要を示す。

(1) 試験体

実構造物に適用した再生粗骨材を置換率 50% で用いたコンクリート、比較用として再生粗骨材と再生細骨材をそれぞれ 30% 置換したコンクリートおよび普通コンクリートを生コン工場で製造し、1 体当たり 0.49m³ のモニタリング試験体を合計 3 体作製し構造物近傍に設置した。試料コンクリートの調査は表-4 に示した通りである。

(2) 試験概要

試験項目を表-8 に示す。モニタリング試験体は、ひび割れ状況を目視観察し、定期的にコア供試体を採取し圧縮強度、静弾性係数、中性化深さおよび全塩化物イオン量を測定した。また、同時に作製した供試体を用い、

表-6 検査内容

検査項目	試験方法	検査頻度	管理値
フレッシュコンクリートの状態	目視	全車	良好なこと
スランプ	JIS A 1101	製品検査 ^{※2} : 1 回/150m ³	18±2.5cm
空気量	JIS A 1128	受入検査 ^{※2} : 1 回/50m ³	4.5±1.5%
コンクリート温度	棒状温度計 (JIS A 1156)	1 回/50m ³	5~35°C
塩化物含有量	JIS A 5308 9.6	1 回/150m ³ ^{※3}	≤0.25kg/m ³
圧縮強度 ^{※1}	JIS A 1108 JIS A 1132	1 回/150m ³ ^{※4}	$X \geq 39.0N/mm^2$ $X_{min} \geq 33.2N/mm^2$

※1:MCON-0979 では 1 検査ロット(3 回の試験)の平均値(X)と 1 回の試験の最小値(X_{min})で管理。※2:MCON-0979 では製品検査,受入検査共 1 回/150m³。※3:MCON-0979 では 1 回/日。※4:打込み工区ごとかつ打込み日ごとに検査ロットを構成。

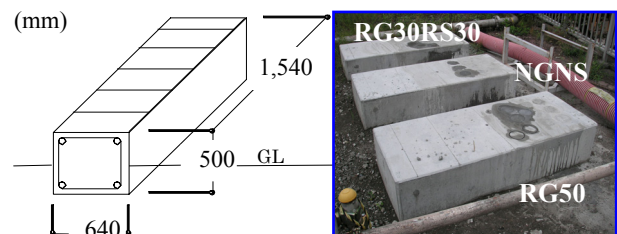


図-3 モニタリング試験体の概要

表-7 実構造物の検査結果

検査ロット	試験回数	打込み数量(m ³)	製品検査						判定	受入検査						
			コンクリートの状態	スランプ(cm)	空気量(%) ^{※1}	温度(°C)	塩化物含有量(kg/m ³)	材齢 28 日圧縮強度(N/mm ²)		コンクリートの状態	スランプ(cm)	空気量(%) ^{※1}	温度(°C)	塩化物含有量(kg/m ³)	材齢 28 日圧縮強度(N/mm ²)	判定
1	1	0~150	全車良好	19.0	4.1	11	0.04	46.9 (X_{min})	合格	全車良好	19.0	4.1	11	0.04	49.5	合格 ^{※2}
										20.5	4.2	11				
										19.0	4.1	12				
	2	150~300	全車良好	18.5	4.0	12	0.06	47.2	合格 ^{※2}	全車良好	18.5	4.0	12	0.05	48.2 (X_{min})	合格
									19.0	4.1	12					
									19.0	4.2	12					
2	3	300~450	全車良好	18.5	4.0	12	0.05	49.4	合格 ^{※2}	全車良好	18.5	4.0	12	0.05	48.9	合格 ^{※2}
										19.0	4.3	12				
										19.5	4.2	12				
		平均値(X)	-	-	-	-	-	47.8	合格 ^{※3}	-	-	-	-	-	48.9	合格 ^{※3}
2	4	450~600	全車良好	18.5	4.3	14	0.05	49.7	合格 ^{※2}	全車良好	18.5	4.3	14	0.05	46.8 (X_{min})	合格
										19.5	4.2	14				
										19.0	4.4	14				
	5	600~	全車良好	19.5	4.1	14	0.04	49.3 (X_{min})	合格	全車良好	19.5	4.1	14	0.03	49.9	合格 ^{※2}
										19.0	4.2	14				
										19.0	4.0	14				
	平均値(X)	-	-	-	-	-	49.5	合格 ^{※3}	-	-	-	-	-	48.4	合格 ^{※3}	

※1:骨材修正係数(0.3%)を差し引いた値 ※2:圧縮強度を除く判定 ※3:圧縮強度に対する判定

フレッシュ性状、圧縮強度、静弾性係数、促進中性化、長さ変化および凍結融解の諸試験を実施した。

(3) 試験結果

a) フレッシュコンクリート

コンクリートは、プラント出荷時と荷卸し時において、表-8に示すフレッシュ性状に関する試験により目標値を満たす品質であることを確認し型枠へ打込んだ。試験結果を表-9に示す。スランブの経時変化は、NGNSでは練混ぜ時に対して荷下ろし時で1cm程度であったのに対し、RG50では2.5cm、RG30RS30では1.5cmであり、NGNSに対して若干大きくなるものの殆どスランブロスが生じていない。一方、空気量の経時変化は、NGNSで1.0%、RG50で1.2%、RG30RS30で1.4%と、再生骨材の混入に伴いやや大きくなる。なお、RG30RS30の骨材修正係数は0.4%であり、RG50に比べると若干大きくなる。単位容積質量は、既往の検討結果^{2), 3)}と同様、再生骨材混入量の増加に伴い小さくなる。塩化物含有量は、再生細骨材を用いたRG30RS30で大きくなる傾向がみられた。

b) 圧縮強度および静弾性係数

図-4は、モニタリング試験体から採取したコア供試体および同時に作製した標準養生の供試体による材齢と圧縮強度の関係を示したものである。再生骨材を用いたコンクリートの圧縮強度は、材齢91日までの標準養生では、NGNSに比べてRG50、RG30RS30の順で低くなる傾向がみられたものの、材齢91日までの強度発現の傾向はほぼ同等である。なお、材齢28日時の圧縮強度は、RG50で45.9N/mm²、RG30RS30で39.0N/mm²となり、再生粗骨材と再生細骨材の両者を置換率30%で用いた場合でもMCON-0979の管理値を満足する。一方、コア供試体では、材齢182日までは、NGNSに比べて若干低くなるものの、RG50、RG30RS30ともにそれ以降も強度の増加がみられ、材齢364日ではNGNSとほぼ同等になる。

圧縮強度と静弾性係数の関係を図-5に示す。再生骨材コンクリートの静弾性係数は、普通コンクリートに比べて若干低くなる。これは、再生骨材に付着した原モルタルや原セメントペーストの影響により、再生骨材自体の静弾性係数が、普通骨材に比べて低いことに起因する。

c) 中性化深さおよび促進中性化

表-10にモニタリング試験体から採取したコア供試体による材齢182日、364日の中性化深さ、材齢182日時の促進中性化試験結果を示す。コア供試体では、材齢364日の測定結果でみると、NGNS、RG50ともに0.9mmであったが、RG30RS30では1.4mmとなり、再生細骨材を混入した場合、大きくなる傾向がみられた。しかし、材齢182日時の促進中性化深さでは、NGNS、RG50、RG30RS30で、それぞれ15.5mm、8.5mm、4.5mmとなり、水セメント比の低減に応じて小さくなる傾向がみられた。このこと

から、一定の置換率の範囲内であれば普通コンクリートと同様、十分な抵抗性を有するものと考えられる。

d) 長さ変化

図-6に各種コンクリートの乾燥収縮率を示す。再生骨材を用いたコンクリートでは、材齢182日時点で普通

表-8 試験項目

区分	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 ^{※5}	-	
	単位容積質量	JIS A 1116	-	
	コンクリート温度	JIS A 1156	棒状温度計	
	塩化物含有量	JIS A 5308 9.6	簡易試験 ^{※6}	
硬化性状	ひび割れ発生状況 ^{※1}	目視		
	コア供試体	圧縮強度	JIS A 1107	材齢 28,91, 182,364 日
		静弾性係数 ^{※2}	JIS A 1149	
		中性化深さ	JIS A 1152	
		塩化物イオン	JIS A 1154	
	供試体	圧縮強度	JIS A 1108	標準養生, 材齢 28,91 日迄
		静弾性係数 ^{※2}	JIS A 1149	
		促進中性化	JIS A 1153	材齢 182 日迄
		長さ変化 ^{※3}	JIS A 1129-1	材齢 182 日迄
		凍結融解 ^{※4}	JIS A 1148	A 法

※1 モニタリング試験体の外観観察。※2 見掛け密度の測定を含む。※3 乾燥条件:20°C,60%R.H., 基長は脱型後7日で測定した。※4 供試体は、別途室内で作製した。※5 再生骨材コンクリートは骨材修正係数を差し引いた値。※6 モール法による市販の塩分含有量測定器による。

表-9 フレッシュ性状

種類	練混ぜ時					荷下し時		
	スランブ (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)	スランブ (cm)	空気量 (%) [※]	温度 (°C)
NGNS	21.0	4.3	2348	13.0	0.035	20.0	3.3	11.0
RG50	22.0	4.2(0.3)	2286	14.5	0.030	19.5	3.0(0.3)	11.0
RG30RS30	20.5	5.7(0.4)	2241	12.5	0.045	19.0	4.3(0.4)	13.0

※()は骨材修正係数を示す。

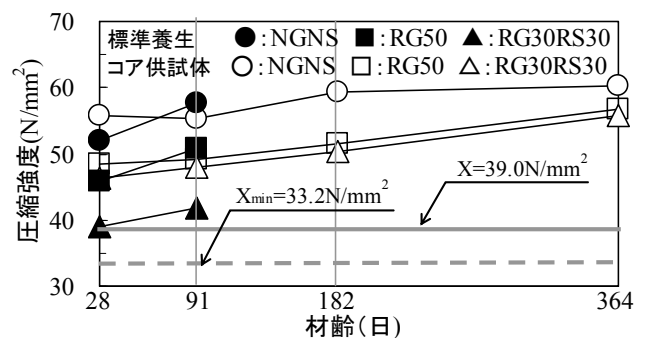


図-4 材齢と圧縮強度の関係

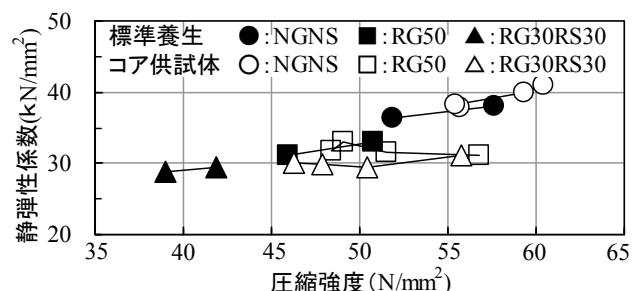


図-5 圧縮強度と静弾性係数の関係

コンクリートに対して 2×10^{-4} 程度大きくなっている。しかし、RG30RS30においても、 6.4×10^{-4} 程度であり、目標品質の 8×10^{-4} を満足する。なお、モニタリング試験体のひび割れ状況を目視により確認した結果、材齢364日時では、NGNS、RG50、RG30RS30のいずれもひび割れ幅が0.3mmを超えるひび割れの発生は見られない。

e) 塩化物イオン

モニタリング試験体の飛来塩分による全塩化物イオン量について、材齢364日の測定結果を図-7に示す。再生骨材コンクリートの全塩化物イオン量は、暴露期間が短いこともあり、表面部、深部共に $0.1 \sim 0.2 \text{ kg/m}^3$ 程度と小さく、RG50、RG30RS30の差も殆ど認められない。

f) 凍結融解

再生骨材コンクリートを寒冷地で使用する場合には、普通コンクリート同様⁴⁾、空気量は4.0%以上(目標空気量: $5.0 \pm 1.0\%$)としている。モニタリング試験体用の生コン工場で製造されたコンクリートは、荷下し時に4.0%を下回るものもあったため、室内で空気量が4.0%以上のコンクリートを作製し凍結融解試験を実施した結果を図-8に示す。これによると、作製時のフレッシュコンクリートにおいて4.0%以上の空気量があれば、再生骨材を用いた場合でも300サイクル時の相対動弾性係数は85%を超えており、十分な凍結融解抵抗性が確保されている。

6. まとめ

骨材置換による再生骨材コンクリートの構造用コンクリートへの適用拡大を目的に、実構造物への適用ならびに長期性状を含む品質確認を行った。

- (1) 本検討で使用した再生粗骨材は、原コンクリートの段階から所定の目標品質を満足し、それを用いたコンクリートの品質も良好であった。なお、今回使用した再生骨材は、生コン工場内の設備で十分なプレウエッチングが可能であったが、物量が多い場合は、保管時等の吸水管理について検討が必要と思われる。
- (2) 再生骨材コンクリートの圧縮強度は、1年後においても伸びが認められ、普通コンクリートと同程度の圧縮強度の発現が確認できた。所定の強度を得るために水セメント比を低減することにより、中性化に対しても十分な抵抗性を有することが可能である。乾燥収縮は、普通コンクリートに比べて大きくなるものの、材齢182日で 8×10^{-4} 以下である。一方、空気量を4.0%以上とすることで十分な凍結融解抵抗性を確保できる。
- (3) 以上の結果、再生粗骨材を置換率50%で用いた場合には適切な品質管理により、普通コンクリートと同様に構造物に適用することができる。また、再生粗骨材と再生細骨材の両者を用いた場合でも、一定の置換率の範囲であれば所定の品質を得ることが可能である。

表-10 中性化深さおよび促進中性化試験結果

種類	コア供試体		供試体		
	中性化深さ(mm)		中性化速度係数 ($\text{mm}\sqrt{\text{週}}$)	促進中性化深さ (mm)	中性化速度係数 ($\text{mm}\sqrt{\text{週}}$)
	182日	364日			
NGNS	0.7	0.9	0.129	15.5	2.75
RG50	0.7	0.9	0.129	8.5	1.80
RG30RS30	0.8	1.4	0.182	4.5	1.21

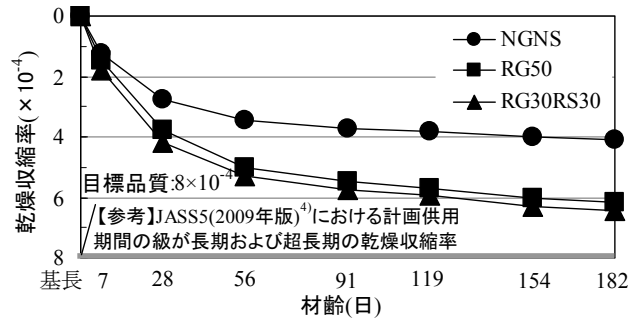


図-6 材齢と乾燥収縮率の関係

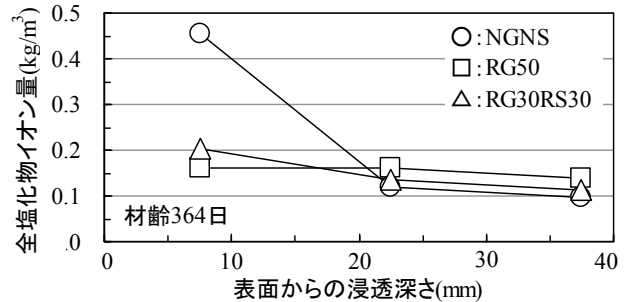


図-7 全塩化物イオン量測定結果(コア供試体)

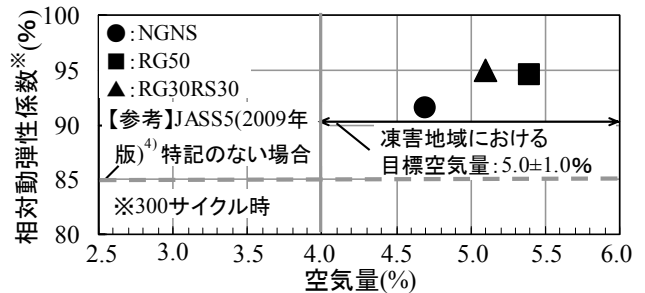


図-8 空気量と300サイクル時相対動弾性係数の関係

参考文献

- 1) 道正泰弘：コンクリート塊リサイクルの持続可能性に関する検討，環境時代におけるコンクリートイノベーションに関するシンポジウム 論文集，日本コンクリート工学協会，pp.論59-論64，2008.8
- 2) 道正泰弘，植 知宏，金子雄一，小田部裕一：骨材置換法による再生粗骨材コンクリートの建築構造物への適用，コンクリート工学年次論文集，Vol.28，No.1，pp.1493-1498，2006
- 3) 道正泰弘：骨材置換による再生骨材コンクリートのプレキャストコンクリート製品への利用，コンクリート工学論文集，第20巻 第2号，pp.13-26，2009.5
- 4) 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，2009