

廃瓦再生細骨材を活用したリサイクルコンクリート製品の開発

(株)ホクコン 設計技術部 研究開発室 正会員 ○友竹 博一
 (株)ホクコン 設計技術部 研究開発室 清水 利康
 金沢大学工学部 土木建設工学科 正会員 山戸 博晃
 金沢大学大学院 自然科学研究科 学生員 坂本 一樹

1. はじめに

屋根瓦製造工場の不良品や家屋解体工事から発生する屋根瓦廃材は、埋立てなどの廃棄処分が困難になってきており、越前瓦産地である北陸地方では、地域的なリサイクルシステムの確立が求められている。

本研究では、屋根瓦廃材をコンクリート用細骨材として活用したリサイクルコンクリート製品を開発することを目的として、廃瓦再生細骨材を普通細骨材の内割りとして0～80%置換したリサイクルコンクリートのフレッシュ性状および圧縮強度と水和反応性状を、水中養生と蒸気養生の2つの養生条件で比較検討した。

2. 実験概要

2. 1 使用材料および配合

表－1 使用材料

種別	名称	仕様
セメント	普通ポルトランドセメント	密度 3.16
細骨材	廃瓦再生細骨材	密度 2.33、粗粒率 2.96、吸水率 3.09%
	細砂（砕砂）	密度 2.60、粗粒率 2.20、吸水率 1.34%
	粗砂（砕砂）	密度 2.58、粗粒率 2.90、吸水率 2.05%
粗骨材	15mm 碎石	密度 2.61、粗粒率 5.86、吸水率 1.00%
	20mm 碎石	密度 2.62、粗粒率 7.06、吸水率 1.02%
混和剤	高性能減水剤	ポリカルボキレート系

使用材料を表－1に、各細骨材の粒度を表－2に、リサイクルコンクリートの配合を表－3に示す。廃瓦再生細骨材は、福井県の越前瓦製造工場が発生した瓦廃材（不良品）をジョークラッシャーで粉砕処理して、5～0mmの粒度に加工し、細骨材の内割りとして0、40、80%（重量%）粗砂に置換えた。本リサイクルコンクリートの目標規格値は、設計基準強度を30～40N/mm²、スランブを15cm、空気量を2%とした。

表－2 各細骨材の粒度

種別	通過重量百分率 (%)						FM	微粒分量(%)※
	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15		
廃瓦	100	80	56	33	23	12	2.96	12
細砂	100	98	86	56	28	12	2.20	4.0
粗砂	100	88	59	35	20	8	2.90	3.6

※：JIS A 1103 骨材の微粒分量試験方法（0.075mm以下の微粒分量）

2. 2 試験項目および試験体の作製方法

表－3 コンクリートの配合

試験項目は、スランブ、空気量、温度、圧縮強度、SEM-EDXAによるセメント硬化体の内部組織の観察とした。コンクリートの練り混ぜには、

配合 記号	廃瓦の細 骨材内割 り混合率 (%)	水セ メント 比 (%)	空 気 量 (%)	細骨 材率 (%)	水 W	セメント C	単位量 (kg/m ³)						
							細骨材 S			粗骨材 G		混和剤	
							廃瓦	細砂	粗砂	15 mm	20 mm	C ×%	単位 量
0-40	0	40	2.0	47	175	438	0	162	648	416	508	0.60	2.625
0-45		45				389	0	166	663	425	520	0.70	2.722
0-50		50				350	0	169	675	433	429	0.70	2.450
40-40	40	40		47	170	425	315	158	315	421	515	0.65	2.763
40-45		45				378	322	161	322	431	526	0.70	2.644
40-50		50				340	328	164	328	438	536	0.70	2.380
80-40	80	40		46	170	425	593	148	0	429	525	0.65	2.763
80-45		45				378	606	151	0	439	536	0.75	2.833
80-50		50				340	616	154	0	446	546	0.80	2.720

容量 50 リットルのパン型強制練りミキサを使用した。圧縮強度用の試験体は、φ10×20cm の円柱試験体とし、養生は、標準養生（20℃水中）と蒸気養生（最高温度 65℃、2 時間保持）とした。

キーワード：瓦廃材、廃瓦細骨材、コンクリート製品、圧縮強度、蒸気養生、水中養生、ボゾラン反応

連絡先：〒915-0802 福井県武生市北府1丁目2番38号 株ホクコン 設計技術部 研究開発室 TEL 0778-22-9118

3. 実験結果および考察

3. 1 フレッシュコンクリートの試験結果

フレッシュコンクリートの試験結果を表-4に示す。コンクリートのスランプ、空気量および温度は、目標規格値を満足した。フレッシュコンクリートの性状は、廃瓦の細骨材内割り混合率が大きくなると、廃瓦のやや角張った粒形と微粒分の増加により、やや悪化（ガサツキ感）したが、混合率 80%まではコンクリート製品の製造に支障を来すことはなかった。（製品製造実験で確認済）

表-4 フレッシュコンクリート試験結果

配合記号	廃瓦の細骨材内割り混合率(%)	スランプ(cm)	空気量(%)	温度(°C)
0-40	0	15.0	2.0	22.0
0-45		15.0	2.0	22.5
0-50		16.5	2.1	21.0
40-40	40	16.0	1.8	20.5
40-45		16.0	1.6	20.0
40-50		16.5	1.9	19.0
80-40	80	17.0	2.2	21.0
80-45		15.0	1.8	20.0
80-50		15.5	2.1	20.0

3. 2 コンクリートの圧縮強度

水中養生におけるコンクリートの圧縮強度を図-1に、蒸気養生における圧縮強度を図-2に示す。材齢 14 日におけるコンクリートの圧縮強度は、水中および蒸気養生において、また各水セメント比において、廃瓦再生細骨材の内割り混合率の増加に比例して大きくなった。一般には廃瓦をコンクリート骨材として使用すると強度が小さくなる場合が多いが、本リサイクルコンクリートは、強度規格値を満足した。強度増進の一因としては、本実験で使用した越前瓦において、焼成温度が 1,200~1,250°Cと一般の瓦よりかなり高いことから瓦自体の強度が大きいことと、5~0mm と小さく粉砕したことによる扁平形状の改良と脆弱部分散効果（セメントペーストに包まれる）が寄与していると推測できる。

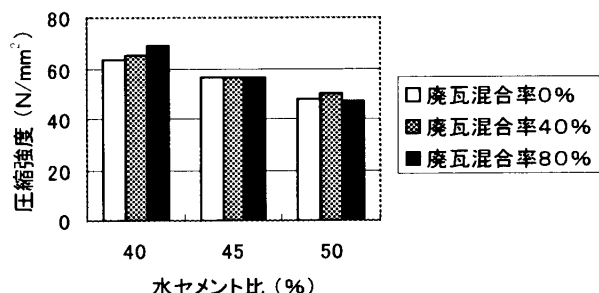


図-1 コンクリートの圧縮強度（水中養生材齢14日）

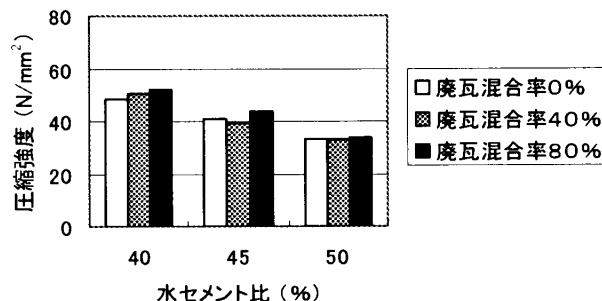


図-2 コンクリートの圧縮強度（蒸気養生材齢14日）

3. 3 セメント硬化体の内部組織と反応生成物

廃瓦再生細骨材の内割り混合率 80%、水セメント比 45%、蒸気養生の圧縮強度終了後の試験体破断面より採取した試料の SEM-EDXA による内部組織の観察結果を写真-1に示す。セメント硬化体の内部組織には、廃瓦の微粉に含む焼成カオリン粘土鉱物のポゾラン反応により生成したモノサルフェート、エトリンガイト、C-S-Hゲルなどの水和生成物が多数観察できた。したがって、廃瓦再生細骨材の混合による強度増進効果は、焼成カオリンのポゾラン反応が大きく寄与していることが分かった。

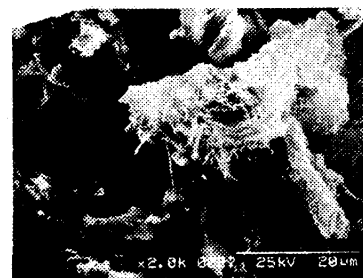


写真-1 廃瓦細骨材を使用したコンクリート硬化体の SEM 像

4. まとめ

本リサイクルコンクリートは、廃瓦再生細骨材を普通細骨材の内割りとして 80%まで混合しても所定のフレッシュ性状が得られ、コンクリート製品の製造に支障を来さなかった。また、越前瓦自体の強度が一般の瓦より大きいこと、5~0mm と小さく粉砕したことによる扁平形状の改良と脆弱部分散効果、廃瓦の微粉に含まれる焼成カオリンのポゾラン反応によりコンクリートの圧縮強度が増加することが分かった。なお、コンクリートの耐久性については、現在、アルカリ骨材反応試験、乾湿繰返し試験、屋外暴露試験、乾燥収縮試験および中性化試験などを実施し検討している。