

廃瓦細骨材を用いたコンクリートの配合と耐久性

鳥取大学大学院 学生会員 ○箱崎 恵介
 鳥取大学 フェロー会員 井上 正一
 (財)鳥取県建設技術センター 法人会員 松井 信作

鳥取大学 正会員 黒田 保
 (株)大本組 正会員 金子 泰治

1. はじめに

家屋の増改築，建替えに伴って，あるいは瓦製造時の不良品として多量の廃瓦が利用されずに最終処分場に投棄されている。そこで，廃瓦，とりわけ石州瓦をコンクリート用細骨材として有効利用することを考えた。すなわち，廃瓦破砕物（以下，廃瓦細骨材と称す）をコンクリート用細骨材に用いた問題となる凍結融解性に着目し，耐凍害性向上策をコンクリートの配合設計との関連において検討した。

2. 実験概要

本研究で選定した試験要因を表-1に示す。廃瓦細骨材には鳥取県で長期間使用されてきたもの（T と略記）を使用し，製造日に依存して品質の異なる T1, T2 を用い，比較のために普通砂（N と略記）ないしは N と T を質量比で半々用いた（T1-50, T2-50）も用いた。表-2に細骨材の物理的性質を示す。細骨材以外の使用材料は，セメントは高炉セメント B 種，粗骨材は碎石で，化学混和剤には AE 減水剤（ただし，廃瓦細骨材のみを用いた T1-100, T2-100 では遅延形の高性能 AE 減水剤）と AE 助剤を使用した。コンクリートの配合条件は，スランプ $8 \pm 1\text{cm}$ ，空気量 $6 \pm 1\%$ と一定にし，s/a は実験から求めた最適 s/a を採用した。試験項目は圧縮強度，乾燥収縮，および凍結融解試験である。

3. 実験結果及び考察

3.1 廃瓦細骨材を用いたコンクリートの配合

試験したコンクリートのうち W/C=55%における配合を表-3に示す。表中の s/a は，単位水量 W を一定とし，s/a のみを変化させた試験より得られた最適 s/a で，単位量は試練りに基づいて決定された値である。なお，所定のスランプ $8 \pm 1\text{cm}$ 得るための単位水量が土木学会の推奨する値 175kg/m^3 を超える（T1-100, T2-100）場合には， $W=175\text{kg/m}^3$ とし，高性能 AE 減水剤の使用量によって調整要した。AE 助剤については，T の置換率の増加とともに増やす必要があり，また，T1 よりも T2 の方が多量を必要とした。これらの挙動は，細骨材に含まれる微粒分量と関係があり，廃瓦細骨材 T は N よりも微粒分量が極めて多いこと，廃瓦細骨材の置換率の増加に伴って微粒分が多くなるためと考えられる。

3.2 廃瓦細骨材を用いたコンクリートの強度

表-1 実験概要

要因	水準
細骨材の種類	T1, T2, N
水セメント比 (%)	45, 55, 65
細骨材への廃瓦の置換率 (%)	0, 50, 100

表-2 細骨材の物理的性質

骨材	呼び名	物性値						
		表乾密度 (g/cm^3)	絶乾密度 (g/cm^3)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/l)	実積率 (%)	F.M.	微粒分量 (%)
細骨材	T1	2.36	2.27	3.86	1.45	63.9	2.67	12.3
	T2	2.32	2.18	6.39	1.47	67.5	2.55	13.5
	砕砂	2.67	2.64	1.36	1.76	66.9	2.88	4
	陸砂	2.63	2.61	0.63	1.58	60.5	1.44	1.4
	N	2.67	2.64	1.29	1.74	66.3	2.74	3.7
粗骨材	碎石	2.75	2.73	0.61	1.57	58.8	6.79	-
*JISの基準値		-	2.5以上	3.0以下	-	53以上	-	7.0以下

表-3 配合

細骨材	置換率 (%)	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)	混和剤		
						W	AE減水剤 C×(%)	高性能AE 減水剤 C×(%)
T1	100	55	6	38	175	-	0.7	2.2
		55	4.5	38	175	-	0.7	1.6
		55	3	38	175	-	0.7	0.5
	50	55	6	40	175	0.25	-	2.0
		55	4.5	40	175	0.25	-	1.7
		55	3	40	175	0.25	-	2.2
T2	100	55	6	38	175	-	0.55	3.4
	50	55	6	42	169	0.25	-	2.6
N	-	55	6	42	154	0.25	-	1.8

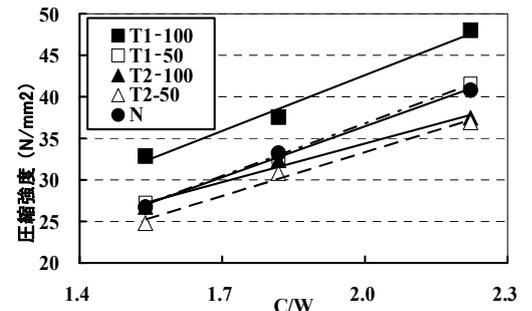


図-1 圧縮強度と C/W の関係

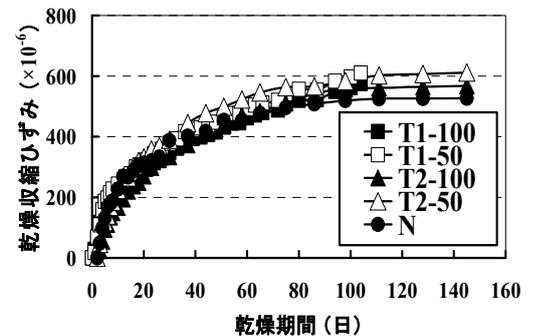


図-2(A) 乾燥収縮 (W/C=55%)

材齢 28 日における圧縮強度と C/W との関係を図-1 に示す。図-1 より、T1, T2 といった廃瓦細骨材の品質によらず、廃瓦細骨材を用いたコンクリートにおいても普通コンクリートと同様に、 f'_c と C/W との間には線形関係があること、C/W を大きくすることによってより高い圧縮強度が得られることがわかる。一般に、吸水率が高い骨材を使用したコンクリートは、強度が低下するといわれているが、T1-100 の圧縮強度が普通コンクリートのそれよりも大きくなったのは、高性能 AE 減水剤のセメントの分散効果、さらには廃瓦微粒分はポズラン反応をするという効果によると考えられる。

3.3 廃瓦細骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮

W/C=55%のコンクリートにおける乾燥収縮試験の結果を図-2(A)に示す。T1-100, T1-50 を用いたコンクリートの乾燥収縮は T2-100, T2-50 のそれらとほぼ等しく、廃瓦細骨材の種類や置換率の相違は乾燥収縮に影響を及ぼさず、さらに普通コンクリートのそれとほぼ等しいといえる。W/C=45, 65%についても同様の挙動を示した。(図-2(B)参照)

3.4 廃瓦細骨材を用いたコンクリートの凍結融解抵抗性

JIS A 1148 に基づいて行った凍結融解試験の結果を図-3 に示す。(A)図は、W/C=55%の T1-100, T1-50 において空気量を変化させた場合の結果を、(B)図は W/C を変化させた場合の結果を示している。(A)図より、廃瓦細骨材の置換率を小さくすることによって、あるいは細骨材全量に廃瓦細骨材を用いた場合(置換率 100%)においても空気量を $6.0 \pm 1.0\%$ 程度まで増加させることによって、凍結融解抵抗性は大きく改善できることがわかる。また、(B)図より、各凍結融解サイクルごとの相対動弾性係数は T2-100 の方が T1-100 よりもやや大きい傾向にあるが、いずれの廃瓦細骨材においても W/C を小さくすることによって凍結融解抵抗性が改善できることがわかる。

本研究では、レディーミクストコンクリートにおける空気量 $4.5 \pm 1.5\%$ よりも大きな値を設定したが、空気量が凍結融解性に大きく影響することがわかる。表-4 には、凍害に関してコンクリート構造物の性能を満足するための最小相対動弾性係数と 300 サイクル後の相対動弾性係数の実験値を示す。表より、廃瓦細骨材を用いたコンクリートにおいても W/C=55%で、空気量 $6.0 \pm 1\%$ で管理すれば、最も厳しい構造形式、環境場へも適用できることいえる。

4. まとめ

廃瓦細骨材を用いたコンクリートは、廃瓦細骨材の物性は JIS の規格を満足しないが、乾燥収縮は普通コンクリートと同等であること、凍結融解抵抗性も、①廃瓦細骨材の置換率を小さくする、②W/C を小さくする、あるいは③空気量を大きくする、ことの組み合わせで改善できること、廃瓦細骨材のみを用いたコンクリートも製品化できること、が明らかになった。

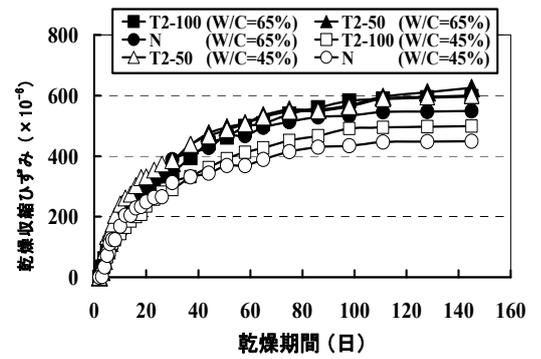


図-2(B) 乾燥収縮 (W/C=45, 65%)

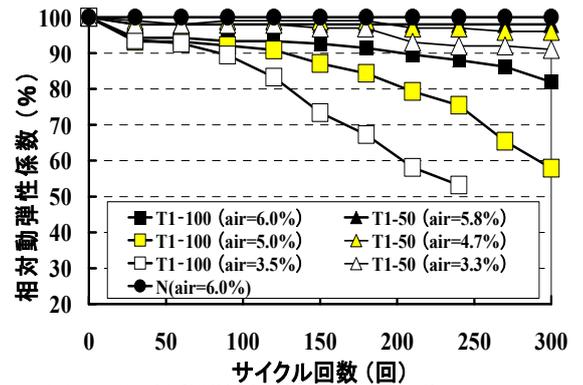


図-3(A) 相対動弾性係数とサイクル数 (W/C=55%)

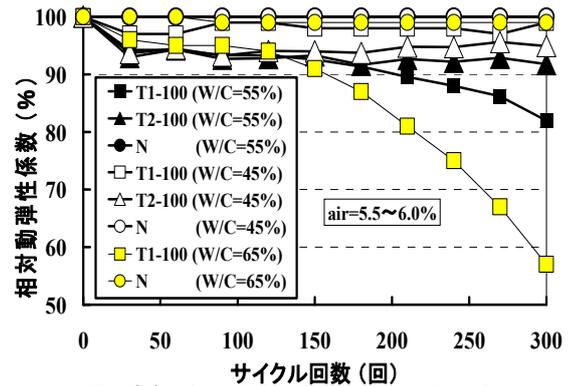


図-3(B) 相対動弾性係数とサイクル数

表-4 凍結融解 300 サイクルにおける

細骨材	W/C	空気量 (%)	相対動弾性係数と適応可能な条件		
			実験値	最小限界値	
T1-100	45	6	99	>85	◎
			82	>70	○
	55	4.5	58	<60	×
			*58	<60	×
T1-50	45	6	100	>85	◎
			98	>85	◎
	55	4.5	96	>85	◎
			91	>85	◎
T2-100	45	6	95	>85	◎
	55	6	92	>85	◎
N	45	6	100	>85	◎
	55	6	100	>85	◎

*210サイクル