

廃瓦細骨材を用いたコンクリートの配合と物性および耐凍結融解性

鳥取大学大学院 学生会員 ○高品 慎之
鳥取大学大学院 フェロー会員 井上 正一

(株) 大本組 正会員 金子 泰治
鳥取大学大学院 正会員 黒田 保

1. はじめに

廃瓦は建設解体現場や製造工場から排出されるが、その大半は最終処分場に埋め立てられているのが現状である。そこで、廃瓦破砕物を細骨材に用いたコンクリートの配合設計を行い、その配合をも

とに練混ぜたコンクリートのフレッシュ性状、硬化後の性状、乾燥収縮および耐凍結融解性、さらには凍結融解抵抗性を向上させる手法についても検討し、廃瓦細骨材の構造用コンクリートへの適用性について考察した結果を述べる。

2. 実験概要

設定した実験要因を表-1 に示す。廃瓦細骨材には、鳥取県産と淡路島産 (T, A と表記) を用い、比較のために普通砂 N も用いた。セメントには高炉セメント B 種、粗骨材には碎石 (20~5mm)、化学混和剤には AE 減水剤と AE 助剤を使用した。なお、廃瓦細骨材 T, A を用いたコンクリートでは単位水量 175kg/m³以下で所定のスランプを得ることができなかったため、W=175kg/m³として遅延形の高性能 AE 減水剤を使用した。コンクリートの配合条件は、スランプ 8±1cm、空気量 6±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。

3. 実験結果及び考察

3.1 細骨材の物理的性質

用いた細骨材の密度、吸水率、単位容積質量、実積率、F.M.および微粒分量を砕砂に対する JIS 規格とともに表-2 に示す。表より、廃瓦細骨材 T, A の実績率は JIS の規格値を満たしているものの、廃瓦細骨材の絶乾密度、吸水率、微粒分量はいずれも JIS の規格値を満たしていないことがわかる。

3.2 廃瓦細骨材を用いたコンクリートのフレッシュ性状

スランプの経時変化を図-1 に示す。廃瓦細骨材を用いたコンクリートは、細骨材の種類がスランプの経時変化に及ぼす影響はほとんどなく、普通コンクリートのそれらと同等であるといえる。空気量の経時変化についても普通コンクリートとほぼ同等の結果であった。

図-2 より、廃瓦細骨材を用いたコンクリートのブリーディング終了時間は、混和剤に遅延形の高性能 AE 減水剤を用いたために普通コンクリートと比べて若干遅くなる。また、ブリーディング率は、廃瓦細骨材の F.M および微粒分量により影響を受け、A は T よりも大きい。なお、T と普通コンクリートとほぼ差はない。図-3 より、廃瓦細骨材を用いたコンクリートの凝結時間は、普通コンクリートのそれと大差はないともいえる。

表-1 実験概要

要因	水準
細骨材の種類	T, A, N
水セメント比 (%)	45, 55, 65
空気量 (%)	6.0±1, 4.5±1, 3.0±1
細骨材への廃瓦の置換率 (%)	100

表-2 細骨材の物理的性質

骨材	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 (%)
T	2.32	2.18	6.39	1.45	67.5	2.55 13.5
A	2.31	2.08	11.30	1.30	62.5	3.56 9.2
N	2.67	2.64	1.29	1.74	66.3	2.74 3.7
JISの基準値	—	2.5以上	3.0以下	—	54以上	— 9.0以下

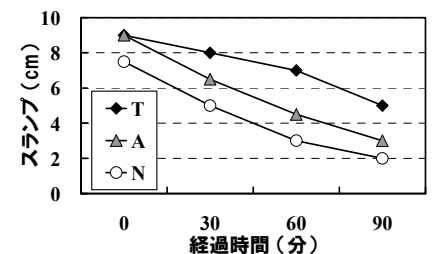


図-1 スランプの経時変化

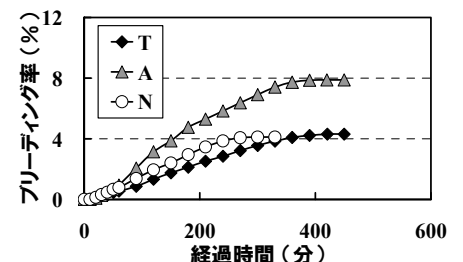


図-2 ブリーディング試験

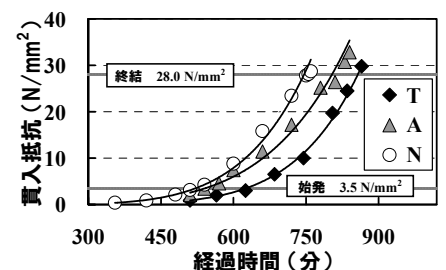


図-3 凝結時間試験

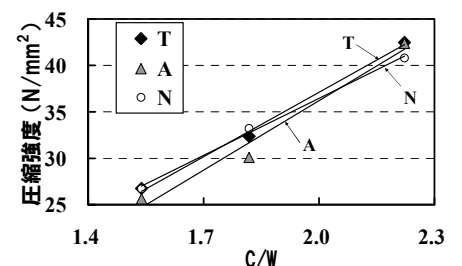


図-4 圧縮強度と C/W の関係

3.3 廃瓦細骨材を用いた硬化コンクリートの物性

材齢 28 日の圧縮強度 f'_c と C/W との関係を図-4 に示す。廃瓦細骨材を用いた場合においても普通細骨材を用いた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がわかる。一般に、吸水率が高い骨材を使用するとコンクリート強度は低下するが、廃瓦細骨材 T を用いたコンクリートは普通コンクリートのそれと同等、もしくはやや大きくなっている。これは、高性能 AE 減水剤のセメントの分散作用と互いの微粉末のポズラン反応によると考えられる。なお、A の圧縮強度が小さいのは製造段階での焼成温度が低く空隙が多いこと、さらに吸水率がかなり高いためと考えられる。

つぎに、静弾性係数比と圧縮強度との関係を図-5 に示す。図より、廃瓦細骨材を用いたコンクリートの静弾性係数比は、同一圧縮強度における普通コンクリートのそれよりも低く、土木学会式と比べ、9 割程度であることがわかる。

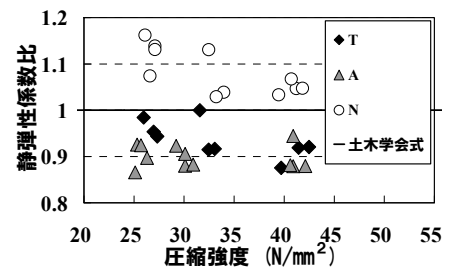


図-5 静弾性係数比と圧縮強度の関係

3.4 廃瓦細骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮と凍結融解抵抗性

温度 20°C、湿度 60% の恒温槽で、10×10×40cm の角柱を用い材齢 2 日から測定した乾燥収縮試験、および質量減少率の結果を図-6、図-7 に示す。廃瓦細骨材を用いたコンクリートの質量減少率は普通コンクリートのそれと同程度であり、廃瓦細骨材の使用が乾燥収縮ひずみに及ぼす影響は少ない。

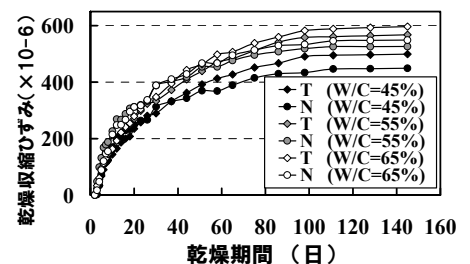


図-6 乾燥収縮ひずみと材齢の関係

空気量 $6 \pm 1\%$ 、 $W/C=45, 55, 65\%$ の条件で凍結融解試験を行った結果を図-8 に示す。図より、廃瓦細骨材 A を用いたコンクリートより T を用いたコンクリートの耐凍結融解性は大きい。廃瓦細骨材 T を用いたコンクリートの相対動弾性係数は $W/C=65\%$ おいては 300 サイクルに達する前に 60% を下回ったが、水セメント比が小さくなると耐凍結融解性が改善される。

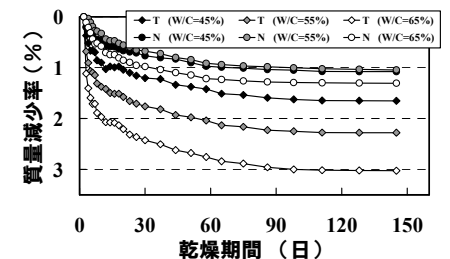


図-7 質量減少率と材齢の関係

廃瓦細骨材 T を用いたコンクリートに対して、空気量の多少が耐凍結融解性に及ぼす影響を検討した。生コンでは空気量 $4.5 \pm 1.5\%$ に規定されているので、その下限の 3.0% と 4.5%，上限の 6.0% に空気量を設定し、凍結融解試験を行った。図-9 より、いずれの W/C のコンクリートも空気量が多くなるほど耐凍結融解性は良好となる。また、 $W/C=55\%$ においては空気量を $6 \pm 1\%$ の範囲内で管理することで相対動弾性係数 60% 以上を確保でき、さらに $W/C=45\%$ にすることによって 90% が確保できる。

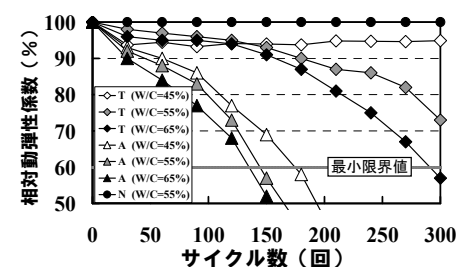


図-8 相対動弾性係数とサイクル数

4. まとめ

廃瓦細骨材はその物性が JIS の規格値を満足していないが、フレッシュ性状、硬化後の強度、乾燥収縮などは普通砂を用いたコンクリートと大差がない。また、静弾性係数は土木学会式から計算した値を 0.9 倍することである程度予測することができる。さらに耐凍結融解性は、廃瓦細骨材 T を用いたコンクリートでは $W/C=45\%$ において空気量 $4.5 \pm 1.5\%$ の範囲内で、 $W/C=55\%$ においては空気量 $6 \pm 1\%$ の範囲内でそれぞれ品質を管理することで、耐凍結融解性を確保でき、構造用コンクリートに適用できる可能性のあることが明らかにされた。

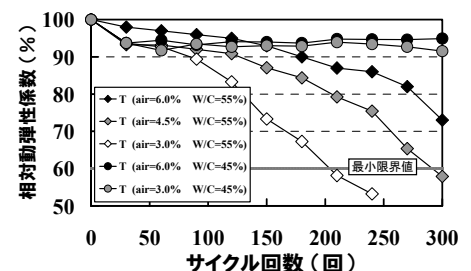


図-9 相対動弾性係数とサイクル数