

コンクリート用細骨材としての廃瓦の有効利用に関する研究

鳥取大学大学院 学生会員 ○井上 貴智 鳥取大学 正会員 井上 正一
 (財)鳥取県建設技術センター 正会員 松井 信作 鳥取大学 正会員 黒田 保

1. はじめに

廃瓦は建設廃材として多量に発生しているが、そのほとんどが埋立て処分されている。そこで、廃瓦をコンクリート用細骨材として利用することを考え、材料や焼成温度が異なる2種類の廃瓦粉碎物(細骨材)を選定し、その物理的性質を調べた。つぎに、これら廃瓦細骨材を用いた場合のコンクリートの配合、フレッシュ性状および硬化コンクリートの物性試験を行った結果について述べる。

2. 実験概要

実験計画を表1に示す。本研究で採用した廃瓦細骨材は、凍害と多雨を配慮して焼成温度が高い鳥取県産のもの(Tと略記)と、焼成温度が低い淡路島産のもの(Aと略記)で、比較用に普通砂も用いた。コンクリートに設定した試験要因は細骨材の種類と水セメント比で、粗骨材には碎石(2005)を、セメントには高炉セメントB種を、化学混和剤としては廃瓦細骨材には遅延形の高性能AE減水剤(SP8R)を、普通砂にはAE減水剤を、それぞれ使用した。コンクリートの配合条件はスランプ 8 ± 1 cm、空気量 $6 \pm 1\%$ と一定とし、s/aには最適細骨材率を採用した。なおコンクリートにおける測定項目はスランプ、空気量、ブリーディング、凝結時間、圧縮と引張強度、静弾性係数である。

3. 実験結果と考察

(1) 廃瓦細骨材の物理的性質

廃瓦細骨材の粒度分布を図1に示す。廃瓦細骨材は0.15mm以下の微粒分量が多く、特に瓦Tでは多くなっているが全体的にはほぼ土木学会標準粒度内に収まっているといえる。瓦Aはふるい分けにより2.5mm以上を破棄したものと元の廃瓦細骨材を質量比6:4で混合、調整したものである。これら廃瓦細骨材の特徴として、フレッシュ性状に影響を及ぼす0.6~0.15mmの粒径のものが少ないことである。

表2により、廃瓦細骨材の物性値をJISの規格値と比較すると、絶乾密度は小さく、吸水率と微粒分量は大きく、これらの値はJISの基準を満たしていない。しかし、その他の項目(実積率、安定性と塩化物)はJISの基準を満たしている。なお、廃瓦細骨材は普通砂に比べて表乾密度、実積率が小さく、吸水率は大きい。廃瓦細骨材の吸水率が大きい理由として、瓦の焼成過程において多孔質な構造となるためと考えられる。

表1. 実験要因

要因	水準
細骨材の種類	瓦T, 瓦A, 普通砂
水セメント比(%)	45, 55, 65

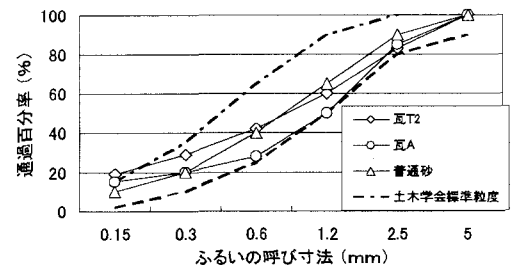


図1. 細骨材の粒度分布

表2. 骨材の物理的性質

細骨材	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 (%)	安定性 (%)	有機 不純物	塩化物 (%)
瓦T	2.36	2.27	3.86	1.45	63.9	2.67	12.3	1.8	淡黄色	0.004
瓦A	2.32	2.08	11.1	1.30	62.5	3.02	9.2	7.1	無色	0.001
普通砂	2.64	2.59	1.84	1.72	66.6	2.78	5.6	—	—	—
JIS規格		>2.5	<3.0		>53		<7.0	<10		<0.04

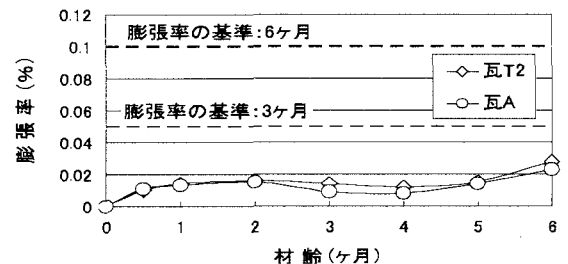


図2. アルカリシリカ反応性試験(モルタルバー法)

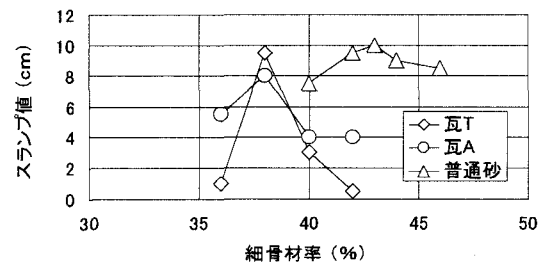


図3. 最適細骨材率とスランプの関係

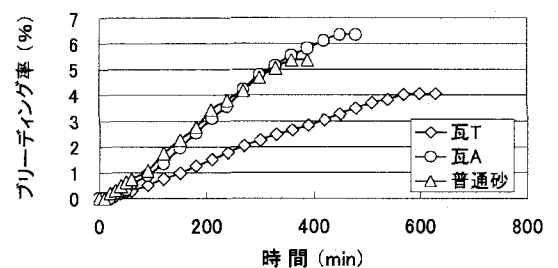


図4. ブリーディング試験結果

化学法によるアルカリシリカ反応性試験で、それぞれ「潜在的有害」、「有害」と判定された瓦Tと瓦Aに対して、モルタルバー法によるアルカリシリカ反応性試験を行った結果を図2に示す。反応性の基準は材齢3ヶ月での膨張率が0.05%以上、材齢6ヶ月において膨張率が0.1%以上の場合を「無害でない」と判断するが、いずれの材齢における膨張率も基準値以下であり、「無害」と断定され廃瓦細骨材はアルカリシリカ反応による異常な膨張は生じないと判断される。

(2) 廃瓦細骨材を用いたコンクリートのフレッシュ性状

W/C=55%, 単位水量を一定(廃瓦細骨材: 175 kg/m³, 普通砂: 165 kg/m³)として最適細骨材率を検討した結果を図3に示す。廃瓦細骨材を用いたコンクリートの最適 s/a は普通砂の場合よりも5%程度小さくなった。これは、瓦Tに関しては粗粒率(F.M.)が小さく微粒分が多いため、瓦Aに関しても微粒分が多いことから普通砂より小さい最適 s/a になったと考えられる。

W/C=55%において、単位水量は廃瓦細骨材を用いる場合には175 kg/m³, 普通砂を用いる場合には161 kg/m³としたコンクリートに対して、ブリーディングを測定した図4より、瓦Tを用いたコンクリートのブリーディング率は瓦Aのそれよりも小さくブリーディングが終了するまでの時間は瓦Tが瓦Aに比べ3時間ほど長くなっていることがわかる。これは、瓦Tは微粒分量が多く、その結果遅延形の高性能AE減水剤の添加量が多くなった(瓦Tでは1%, 瓦Aでは0.8%)ことによる。

凝結試験の結果を図5に示す。廃瓦細骨材を使用したコンクリートの凝結(始発・終結)時間は普通砂を用いたものよりも2~4時間程度長くなるが、これは廃瓦細骨材を使用した場合は遅延形の高性能減水剤を使用しているためで、添加量の多い瓦Tで凝結時間が最も長くなっている。

(3) 廃瓦細骨材を用いたコンクリートの力学的特性

図6に材齢28日における圧縮強度とセメント水比(C/W)の関係を、図7にW/C=55%のコンクリートに対する材齢に伴う圧縮強度の発現状況を示す。図6より圧縮強度とC/Wとの間には線形関係が存在すること、また図7より、いずれの材齢においても廃瓦細骨材を用いたコンクリートの方が普通砂を用いたものより圧縮強度がやや大きく出ていることがわかる。なお、廃瓦細骨材としては、瓦Tを用いてもAを用いても圧縮強度はほぼ同程度となっており、瓦の品質はコンクリート強度にはほとんど影響を及ぼしていないといえる。

廃瓦細骨材を使用したコンクリートの圧縮強度は普通砂のものよりもやや大きくなるが、一方で、廃瓦細骨材を用いたものの静弾性係数は、圧縮強度が増加してもそれほど増加せず、強度が高くなるに伴って土木学会のコンクリート標準示方書に規定された値よりも小さくなる傾向にある。

4. まとめ

廃瓦細骨材は吸水率が高く、微粒分量が多い。そのためにコンクリートの製造には高性能AE減水剤を使用する必要がある。しかし、廃瓦細骨材を用いたコンクリートの硬化後の圧縮強度が力学的特性としては普通砂を用いたコンクリートと同等ないしはそれ以上の強度が得られ、コンクリートへの適用の可能性はある。

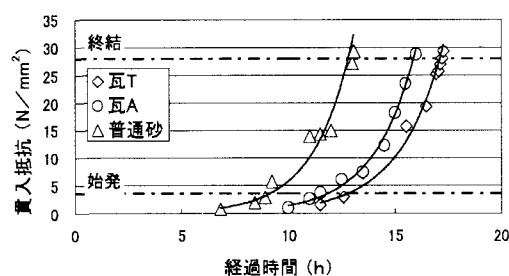


図5. 凝結試験結果

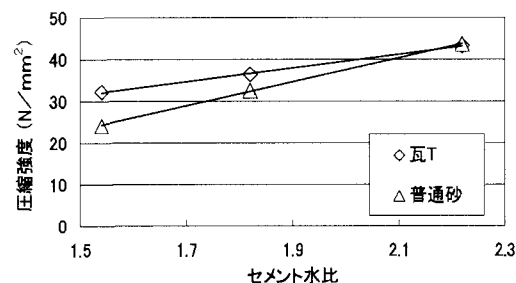


図6. 圧縮強度とセメント水比の関係

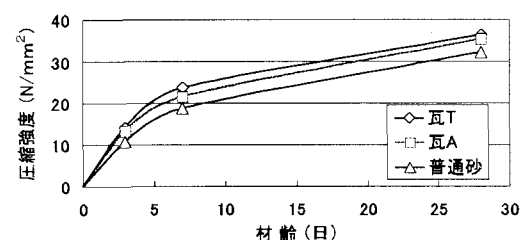


図7. 圧縮強度と材齢の関係

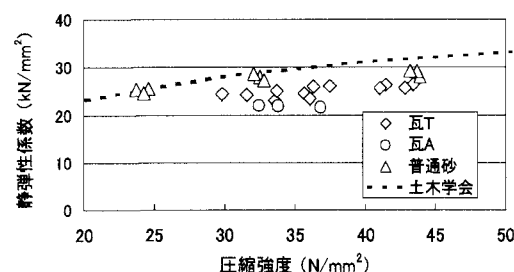


図8. 静弾性係数と圧縮強度の関係