

廃陶器微粉末を混入したコンクリートの物性と色彩に関する基礎的研究

立命館大学 COE 推進機構 正会員 ○井上 真澄
 立命館大学工学部 平尾 和洋
 立命館大学工学部 正会員 児島 孝之

1. はじめに

本研究は、都市景観への調和を可能にする意匠性と構造性能を両立する防災構造材料の開発を目的とした一連の研究の一部をなすものである。コンクリートに色彩を付与する方策の一手段として、廃陶器のコンクリート用着色材としての再利用に着目し、これを微粉砕してコンクリートの細骨材に置換した場合のフレッシュ性、硬化後の物性および色彩について検討を行った。陶器類には様々な色彩を有するものがあり、微粉砕してコンクリートに混入できれば着色効果が期待される。また、廃陶器は産業廃棄物として埋立て処理されているのが現状であり、資源の有効利用の観点からも廃陶器のコンクリート用材料へのリサイクル活用は有益である。

2. 実験概要

表-1 に使用材料を示す。セメントには、普通ポルトランドセメントを使用した。廃陶器は図-1 に示す廃植木鉢を対象とした。採取後、ジョークラッシャ、ロールクラッシャ、ボールミルを用いて順に微粉砕した。一般に着色材の粒子径は 0.1~10 μm 程度であり、着色力の大きさは粒子径が小さいほど大きい¹⁾。そこで本研究では、セメントの粒径を一つの目安として粉砕を行った。図-1 に廃陶器微粉末の粒度曲線を示す。

表-2 に実験要因を、表-3 にコンクリートの示方配合を示す。水セメント比[W/C]は 60%、廃陶器微粉末置換率[P/(C+P)]は 0~40%として配合を決定した。目標スランプは 8±2cm、目標空気量は 4±1%とした。スランプと空気量調整のため細骨材率と混和剤量を調整した。各種強度試験用供試体は材齢 1 日で脱型後、試験材齢(7, 28, 91 日)まで標準水中養生(20±1°C)を行った。試験項目は、JIS による試験方法に準拠し、スランプ、空気量、圧縮強度、曲げ強度、割裂引張強度、静弾性係数、乾燥収縮の測定を行った。乾燥収縮試験は、供試体(100×100×400mm)を材齢 7 日まで標準水中養生した後、20±1°C、RH60±5%の環境下で実施した。乾燥収縮ひずみの測定は、コンタクトゲージ法で行った。

コンクリートの色彩は、接触型分光色差計を用いて L*a*b*表色系で表した。照明、受光方式は JIS Z 8722 の条件 b に準拠し、測定波長範囲は 400~700nm、測定波長間隔は 20nm、反射率測定範囲は 0~150%、分解能は 0.01%、測色条件は光源 D₆₅、視野角条件 10°C、測定径 8mm である。脱型後恒温恒湿室(20±1°C、RH60±5%)内で材齢 28 日まで養生した供試体の型枠面に対して分光色差計を用いて測色した。

コンクリートの色彩は、接触型分光色差計を用いて L*a*b*表色系で表した。照明、受光方式は JIS Z 8722 の条件 b に準拠し、測定波長範囲は 400~700nm、測定波長間隔は 20nm、反射率測定範囲は 0~150%、

分解能は 0.01%、測色条件は光源 D₆₅、視野角条件 10°C、測定径 8mm である。脱型後恒温恒湿室(20±1°C、RH60±5%)内で材齢 28 日まで養生した供試体の型枠面に対して分光色差計を用いて測色した。

キーワード 廃陶器微粉末、物性、色彩、着色材、リサイクル

連絡先 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学 COE 推進機構 TEL 077-566-1111(内線 6873)

表-1 使用材料

材料	主な性質
セメント	C 普通ポルトランドセメント：密度 3.16g/cm ³ ,比表面積 3260cm ² /g
廃陶器	P 廃植木鉢：密度 2.63g/cm ³
細骨材	S 野洲川産川砂：密度 2.60g/cm ³ ,吸水率 1.56%,F.M.=2.73
粗骨材	G 高槻産硬質砂岩砕石：密度 2.70g/cm ³ ,吸水率 0.70%,F.M.=6.80,MS=20mm
AE 減水剤	Ad ₁ リグニンスルホン酸化合物：密度 1.10g/cm ³
AE 助剤	Ad ₂ アルキルアリルスルホン化合物：密度 1.19g/cm ³

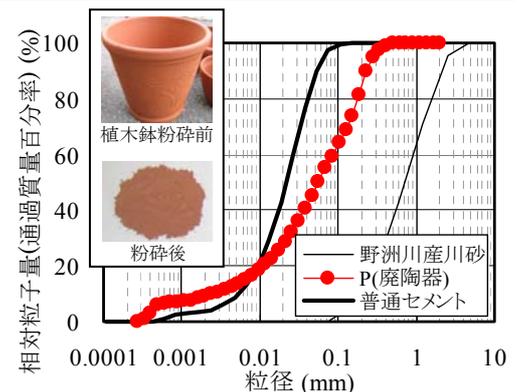


図-1 廃陶器微粉末の粒度分布

表-2 実験要因

要因	仕様
廃陶器	廃植木鉢
配合	水セメント比 [W/C]
	60%
	廃陶器微粉末置換率 [P/(C+P)]
	0, 20, 30, 40%
測定項目	圧縮・曲げ・割裂引張強度 静弾性係数、乾燥収縮 色彩 (L*a*b*値)

表-3 コンクリートの示方配合およびフレッシュ試験結果

P/(C+P) (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					混和剤(ml/m ³)		スランプ (cm)	空気量 (%)
			W	C	P	S	G	Ad ₁	Ad ₂		
0	60	48	174	290	0	870	974	290	870	7.5	3.7
20		72			762	1012	544	1450	9.0	4.5	
30		44			125	674	1050	829	1658	8.5	3.3
40		42			194	569	1088	967	2902	9.0	3.1

3. 実験結果および考察

フレッシュ性状 表-3 に示すようにスランプおよび空気量は、廃陶器微粉末を細骨材に置換しても混和剤の使用により、目標値の許容範囲内に収まった。本実験の配合および置換率の範囲であれば、廃陶器微粉末を細骨材の一部に置換したコンクリートは、そのフレッシュ性状を管理できることが明らかとなった。

強度および変形特性 図-4 に各材齢における各種強度試験および静弾性係数試験結果を示す。圧縮強度は廃陶器微粉末置換率の増加に伴い大きくなる傾向にあり、材齢 28 日では最大 19%の強度増加を示した。引張および曲げ強度に関しては、若材齢において廃陶器微粉末置換によっては若干強度低下を示すものもあるが、全体としては無置換の場合と同等以上の値を示した。静弾性係数は、材齢 7 日の置換率 20%において若干低下する以外は、圧縮強度と同様置換率の増加に伴い大きくなる傾向にあった。

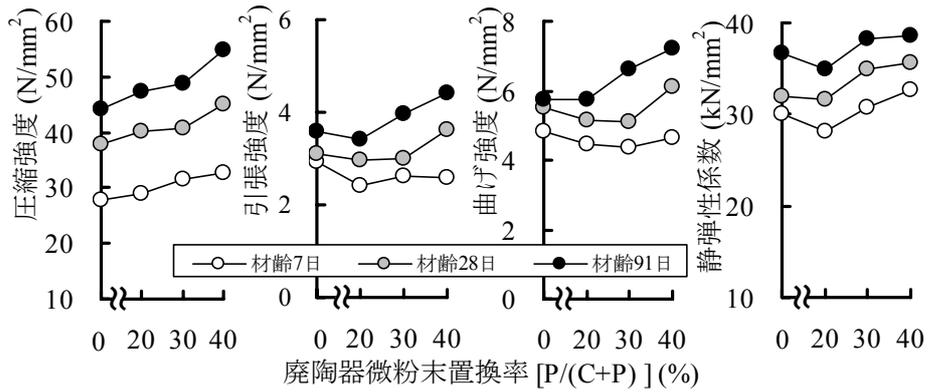


図-4 各種強度および静弾性係数と廃陶器微粉末置換率の関係

図-5 に乾燥収縮ひずみの経時変化を示す。廃陶器微粉末を細骨材置換した場合、乾燥収縮は若干大きくなる傾向にあるが、その差異は小さい。

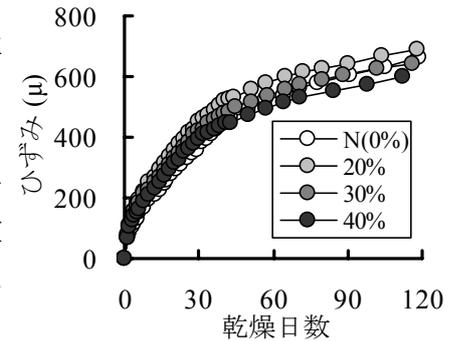


図-5 乾燥収縮ひずみ

色彩評価 図-6 に $L^*a^*b^*$ 値測定結果を、図-7 に供試体の外観写真を示す。 L^* は明度指数といい、100(黒)から 0(白)までの範囲の値で明るさを示す。 a^* と b^* はクロマティックネス指数(色質指数)といい、それぞれ-120 から 120 の値を示す。 a^* が+の場合は赤色、-の場合は緑色に近くなる。 b^* が+の場合は黄色、-の場合は青色に近い色となる。 a^* と b^* の組み合わせによって色相と鮮やかさ(彩度)の関係を表す²⁾。 L^* 値は、廃陶器微粉末置換率により若干低下傾向にあるが、比較用の無置換供試体との差異は小さい。一方、色相と彩度を表す a^* 値と b^* 値は、置換率の増加に伴い増加する傾向にあり、廃陶器微粉末による着色効果が確認できた。目視によっても色の変化が識別可能な範囲であり、廃陶器微粉末はコンクリート用着色材として適用の可能性を有すると考えられる。

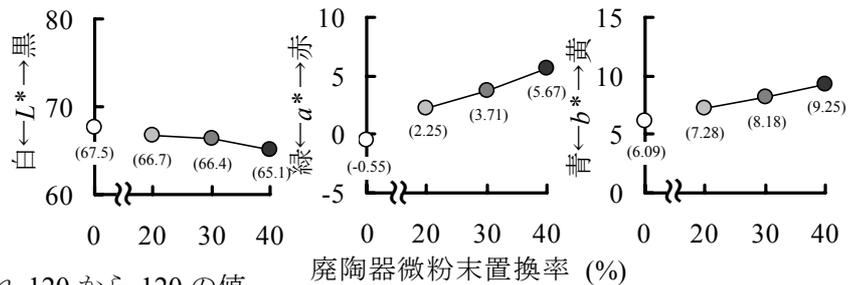


図-6 $L^*a^*b^*$ 値測定結果

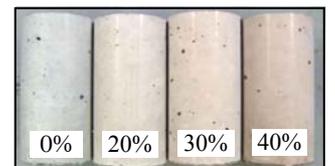


図-7 供試体外観写真

4. まとめ

廃陶器微粉末を細骨材置換したコンクリートの圧縮強度および静弾性係数は、置換率の増加に伴い大きくなった。引張強度と曲げ強度は、置換率によっては若干小さな値を示すものもあるが、全体としては無置換の場合と同等以上の値を示した。また、置換率の増加に伴い、コンクリートへの着色効果が高くなった。

謝辞 本研究の遂行にあたり、滋賀県工業技術開発センター信楽窯業技術試験場のご協力を頂きました。ここに記して、厚く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) (社)日本材料学会編：コンクリート混和材料ハンドブック，エヌ・ティー・エス，pp.438，2004
- 2) (財)日本色彩研究所：色彩管理と色差計の活用，日本電色工業，2001