

第V部門

廃陶器により着色したセメント系材料の強度と意匠性評価

立命館大学理工学部 学生員 ○樽井 勇人
立命館大学理工学部 正会員 井上 真澄
立命館大学理工学部 正会員 岡本 享久
立命館大学理工学部 正会員 児島 孝之

1. はじめに

本研究では、土壁や土塀のような意匠性と強度・耐久性にも優れる意匠性材料の開発を目的としている。そこで、様々な色彩を有する陶器を用いたセメント系材料の着色に着目し、近畿圏内にて排出された陶器及び各種セメントを用いて着色したモルタルの強度特性及び色彩について実験検討を行った。また、既存の景観素材との調和を想定し、廃陶器によるコンクリートの着色や表面のテクスチャーが人に与える心理効果を明らかにするため、コンクリート壁供試体を用いた被験者による色彩官能試験を実施した。

2. 実験概要

モルタル実験 表1にモルタルによる実験の要因を、表2に使用材料を示す。廃陶器は、近畿圏内の3地域より計6種類採取し、微粉碎した。表3に廃陶器の物性を、図1に各陶器の粒度曲線を示す。セメントには、普通ポルトランドセメントと一般にカラーコンクリートに使用されるホワイトセメントを使用した。配合は水セメント比75%、細骨材セメント比 $[(S+P)/C]$ は4とした。また、全粉体質量 $[C+P]$ に占める廃陶器微粉末質量 $[P]$ の割合(以下、廃陶器置換率)が0~50%となるように、細骨材の内割置換率 $[P/(S+P)]$ を決定した。目標フロー 200 ± 20 mm、空気量 $4 \pm 1\%$ とし、混和剤を用いて調整を行った。供試体は材齢2日で脱型後、材齢28日まで標準水中養生($20 \pm 1^\circ\text{C}$)を行った。

試験は、JSCEによる試験方法に準拠し、フロー、空気量、圧縮強度の測定を行った。色彩測定は、モルタル供試体の型枠面に対して接触型分光色差計を用いて $L^*a^*b^*$ 表色系で表した。

コンクリート壁供試体の色彩官能試験 モルタル実験の結果から、着色材として最適な陶器を1種類選定し、コンクリート壁供試体(800×800 mm)を作製した。被験者による色彩官能試験は、廃陶器による着色と表面処理の有無を組み合わせた計

3面に対して評価を行った。廃陶器で着色したコンクリートの配合は、水セメント比60%、廃陶器置換率を40%とし、目標スランプは 8 ± 2 cm、目標空気量 $4 \pm 1\%$ とした。表面処理の方法は、コンクリートを打設後、表面の水分を拭き取り、打設面を箒により凹凸になるように表面処理を行った。色彩官能試験では、心理的効果を定量的に評価する場合に一般的に用いられる Semantic Differential 法(以下SD法と称す)を用いて被験者(20人)にアンケート調査を行った。アンケートは、20対の形容詞対(例：明るい⇔暗い)を選定し、実供試体の観察により実施した。

表1 実験要因(モルタル実験)

要因	仕様
セメント[C]	普通ポルトランドセメント ホワイトセメント
廃陶器[P]	6種類
供試体寸法	$\phi 50 \times 100$ mm
水セメント比[W/C](%)	75
廃陶器置換率 $[P/(C+P)]$ (%)	0、20、30、40、50
試験	色彩 圧縮強度試験(材齢28日)

表2 使用材料

材料	主な性質
セメント	普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm^3 、比表面積 $3260\text{cm}^2/\text{g}$) ホワイトセメント(密度 3.05g/cm^3 、比表面積 $3660\text{cm}^2/\text{g}$)
細骨材	野洲川産川砂(表乾密度 2.61g/cm^3 、FM 2.88、吸水率 1.42%) 愛知川産川砂(表乾密度 2.62g/cm^3 、FM 2.84、吸水率 1.00%)*
粗骨材	高槻産硬質砂岩砕石(表乾密度 2.69g/cm^3 、FM 6.99、吸水率 0.61%)*
混和剤	高性能 AE 減水剤(主成分：ポリカルボン酸系特殊高分子界面活性剤) AE 減水剤(主成分：リグニンスルホン酸化合物)* 消泡剤(主成分：非イオン界面活性剤)

注)*：コンクリート壁供試体のみ使用

表3 廃陶器微粉末の物性

廃陶器	密度(g/cm^3)	平均粒径(mm)
萬古焼 ①	2.51	0.06
②	2.57	0.03
③	2.48	0.04
丹波焼 ④	2.41	0.04
⑤	2.47	0.01
信楽焼 ⑥	2.40	0.05

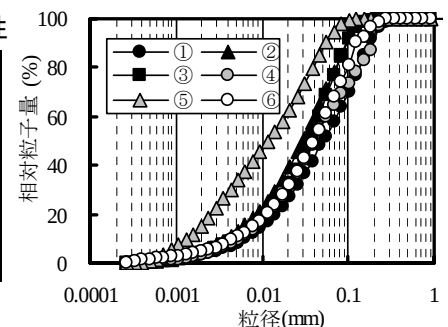


図1 粒度曲線

3. 実験結果及び考察

図2に圧縮強度と廃陶器置換率の関係を示す。セメントの種類に関わらず、幾分変動はあるものの廃陶器置換率の増加に伴い、圧縮強度が増加する傾向にある。これは、本実験においては水セメント比を一定として廃陶器を細骨材置換したため、粉末が練混ぜ水を吸水し見かけの水セメント比が低下したこと、また粉末の置換によりモルタル硬化体の組織が緻密化したことに起因するものと考えられる。

廃陶器の種類に着目するとセメントの種類に関わらず廃陶器⑤以外はほぼ同程度の圧縮強度を示した。廃陶器は、その産地や種類により密度の差はあるものの、同程度の粒度であれば、モルタルの強度の発現に及ぼす影響は小さいと考えられる。一方、⑤は他の陶器より強度が大きく、廃陶器置換率の増加に伴う強度増加傾向も顕著になっている。これは、図1の粒度曲線に示すように、⑤は他の廃陶器よりも粒径が小さく、粉末が吸水しやすい状態であったことに起因すると推察される。また、練混ぜ時には他陶器に比べて極端にフロー値が低下した。

図3に色合いと彩度を示す a^* 値と廃陶器置換率の関係を示す。緑から赤を示す a^* 値は、各陶器とも廃陶器置換率の増加に伴い赤側(+側)に増加する傾向にある。特に粉体自体の色彩が鮮やかな廃陶器⑤及び⑥を使用した場合に、その増加が顕著である。青から黄を示す b^* 値も、⑤⑥では廃陶器置換率の増加に伴い、黄側(+側)に増加する傾向を示した。また、 a^* 及び b^* ともにホワイトセメントを使用した場合の方が大きい値を示す傾向にあり、廃陶器微粉末による着色には、ホワイトセメントの使用が有効であると考えられる。

モルタル実験結果より、着色効果と練混ぜ時のフレッシュ性状を考慮して、廃陶器⑥により着色したコンクリートにより壁供試体を作製した。図4にSD法の集計結果を示す。各形容詞対に対して被験者より得られた評価尺度(1~7)を集計し、平均したものを図にプロットした。

また、右側に良い印象を、左側に悪い印象を並べた。プロット点の分布から判断すると、廃陶器により着色したコンクリートは普通コンクリートに比べ、全体として良い印象側(右側)に分布する傾向にある。特に「自然」「美しい」「親しみやすい」などの形容詞対において明確な差が確認された。廃陶器による着色はコンクリートの悪い印象を改善し、景観素材への適合性向上に寄与すると推察される。また、表面処理を行うことでその効果が高まるものと考えられる。

4. まとめ

- (1) 廃陶器微粉末を置換したモルタルは、置換率の増加に伴い強度増加する傾向を示した。
- (2) 廃陶器によるモルタルの着色には、粉体自体の色彩が鮮やかなものが適する。
- (3) ホワイトセメントの使用は、廃陶器によるモルタルの着色に有効である。
- (4) 廃陶器による着色と表面処理は、コンクリートのマイナスなイメージを軽減させ、景観素材としての適合性向上に寄与すると考えられる。

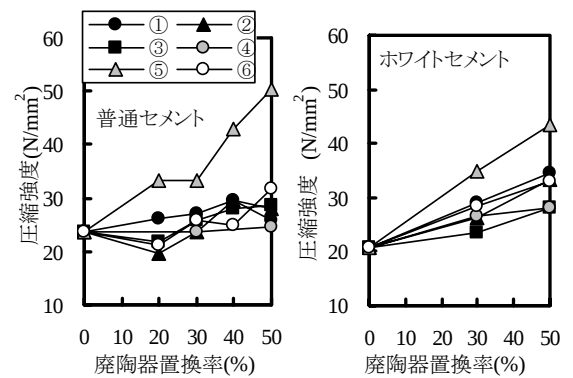


図2 圧縮強度と廃陶器置換率の関係

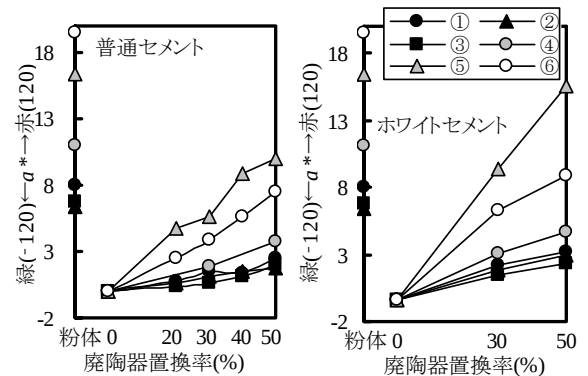


図3 a^* 値と廃陶器置換率の関係

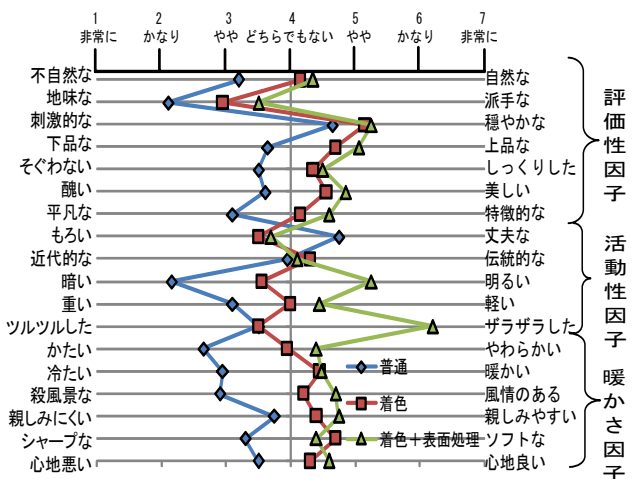


図4 SD法集計結果