

陶器微粉末により着色したコンクリートの力学的特性と色彩評価

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 平尾 和洋

立命館大学理工学部 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、様々な色を有する陶器廃材のコンクリート用着色材としての再利用に着目し、これを微粉碎してコンクリートの細骨材に置換した場合の力学的特性および色彩について検討を行った。

2. 実験概要

表-1 に使用材料を示す。陶器廃材には、図-1 に示す植木鉢を使用し、採取後微粉碎した。

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%，陶器微粉末置換率[P/(C+P)]は 0～40%として配合を決定した。目標スランブは 8 ± 2 cm，目標空気量は $4 \pm 1\%$ とし、スランブと空気量調整のため細骨材率と混

和剤量を試験練りにより決定した。各種強度試験用供試体は材齢 1 日で脱型後、試験材齢(28, 91, 180 日)まで標準水中養生($20 \pm 1^\circ\text{C}$)を行った。試験は JIS による試験方法に準拠し、スランブ、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、相対動弾性係数の測定を行った。

一方で、コンクリート用着色材の要求性能として耐候性は重要な検討項目である。そこで暴露条件・日数が着色したコンクリートの色彩に及ぼす影響について検討を行った。暴露条件は、屋外、屋内低湿環境($20 \pm 1^\circ\text{C}$ 、 $60 \pm 5\% \text{RH}$)、屋内高湿環境($20 \pm 1^\circ\text{C}$ 、 $90 \pm 5\% \text{RH}$)の 3 水準とした。打設後 28 日間水中養生した供試体を各環境に暴露し、色彩の経時計測を行った。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。

3. 実験結果および考察

図-2 に各種強度、静弾性係数と陶器置換率の関係を示す。圧縮強度は、材齢に関わらず置換率の増加に伴って強度も増加する傾向にある。特に材齢 91 日の置換率 40%

では、無置換の場合と比較すると約 25%の強度増加を示した。これは、陶器微粉末量が増加するほど硬化体組織が緻密化すること、陶器微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が原因と考えられる。一方、引張および曲げ強度については、置換による影響が明確ではないが、一部を除けば無置換の場合と同等以上の値を示した。静弾性係数は、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-3 に乾燥収縮ひずみの経時変化を、図-4 に相対動弾性係数の経時変化を示す。乾燥収縮は、置換率による傾向は明確ではないが、乾燥開始から 1 年経過した時点では置換した供試体の方が無置換よりも若干小さい

キーワード 陶器微粉末、色彩、耐候性、物性、リサイクル

連絡先 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学理工学部 TEL 077-561-3345

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 $3260\text{cm}^2/\text{g}$
陶器廃材	P 廃植木鉢：密度 2.63g/cm^3
細骨材	S 野洲川産川砂：密度 2.58g/cm^3 吸水率 1.82% , F.M.=2.66
粗骨材	G 高槻産硬質砂岩碎石：密度 2.70g/cm^3 吸水率 0.76% , F.M.=6.76, MS=20mm
AE 減水剤	Ad1 リグニンスルホン化合物：密度 1.10g/cm^3
AE 助剤	Ad2 アルキルアリスルホン化合物：密度 1.19g/cm^3



図-1 陶器微粉末

表-2 実験要因

要 因	仕 様
陶器廃材	植木鉢
配合	水セメント比 60%
陶器置換率	0%、20%、30%、40%
物性試験項目	圧縮・曲げ・割裂引張強度、 静弾性係数、乾燥収縮、 凍結融解抵抗性
色彩表色系	$L^*a^*b^*$ 値
暴露条件(色彩評価用)	屋外、低湿屋内、高湿屋内

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)		スランブ (cm)	空気量 (%)
			W	C	P	S	G	Ad ₁	Ad ₂		
0	60	48	174	290	0	880	974	580	870	6.0	3.6
20		46			72	753	1012	1088	1451	6.0	3.7
30		44			125	666	1050	1443	2071	8.0	4.7
40		42			194	562	1088	1934	2901	7.0	2.1

値を示した。一方、耐凍害性については、無置換供試体に比較すると相対動弾性係数は若干低下する傾向にあるものの、300 サイクル終了時点で 90%以上の値を示しており、凍結融解に対する抵抗性を有することが確認できた。

図-5に暴露1ヶ月と3ヶ月の時点における $L^*a^*b^*$ 値と陶器置換率の

関係を示す。暴露環境や暴露日数に関わらず置換率の増加に伴い、 L^* 値は小さくなる傾向に、また a^* 値と b^* 値は大きくなる傾向にある。陶器微粉末(絶乾状態)の色彩値は $L^*=52.5$ 、 $a^*=23.5$ 、 $b^*=25.0$ であり、置換率の増加によりコンクリートの色彩値が陶器微粉末の色に近づく傾向にある。また、置換率 40%までの範囲では、各値は置換率の増加に伴いほぼ線形的に変化しており、さらに置換率を増加することで高い着色効果が得られるものと推察される。

図-6に陶器置換率 0%と 40%供試体の色彩値の経時変化を示す。色の明るさを示す L^* 値は、置換率に関わらず低湿屋内で最も変化量と値が大きい。これは、供試体表面の色彩が水分逸散に伴い淡白色になるためであり、湿度が最も低い低湿屋内で値が最も大きくなったと考えられる。屋外では、測定日前の天候状態、特に降雨の影響で供試体の含水状態が変化するため L^* 値の経時変化も変動が大きくなった。一方、 a^* 値と b^* 値については、暴露初期において幾分変化はあるものの、それ以後は屋外と屋内の経時変化を比較しても差異は小さく、ほぼ一定値に推移していることを確認した。

4. まとめ

(1) 強度および弾性係数は、陶器置換率の増加に伴い、大きくなる傾向が観察された。

(2) 陶器置換率が乾燥収縮に及ぼす影響は小さい。

(3) 凍結融解抵抗性は置換率の増加により低下するものの、耐久性指数は 90 以上を示した。

(4) 陶器置換率の増加により高い着色効果が確認され、その色彩は陶器微粉末の色に近づく傾向にあった。

(5) 暴露 4 ヶ月経過した現時点においては、着色したコンクリートの色彩に変化は観察されなかった。

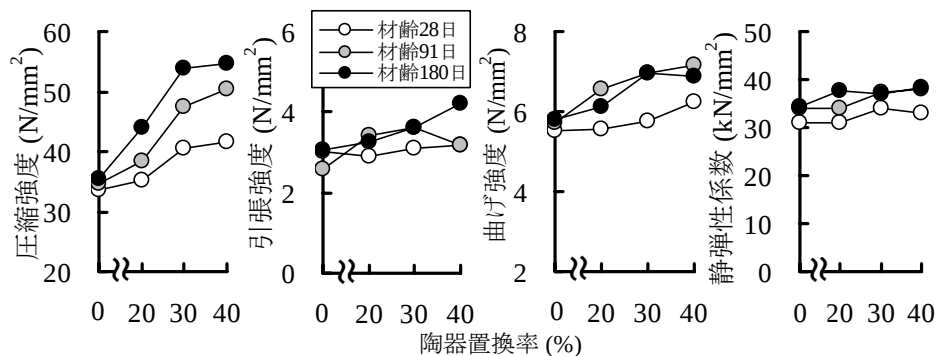


図-2 各種強度、弾性係数と陶器置換率の関係

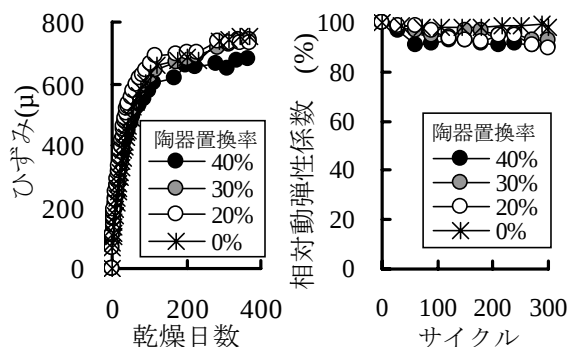


図-3 乾燥収縮ひずみ 図-4 凍結融解抵抗性

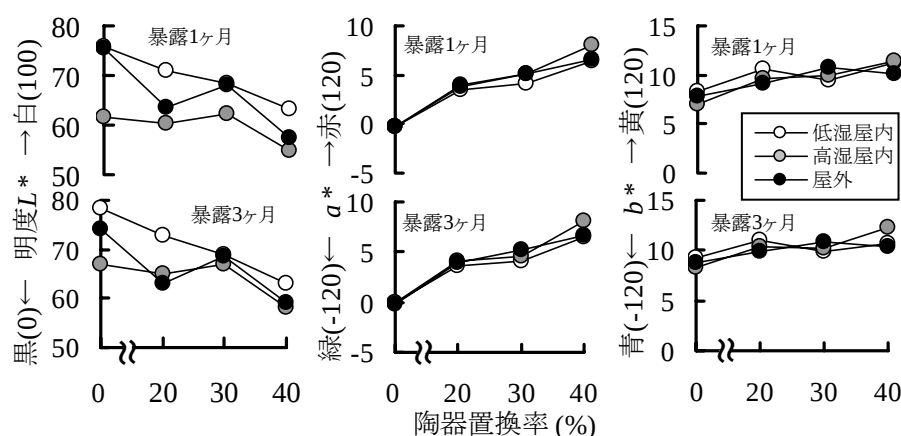


図-5 色彩値($L^*a^*b^*$)と陶器置換率の関係

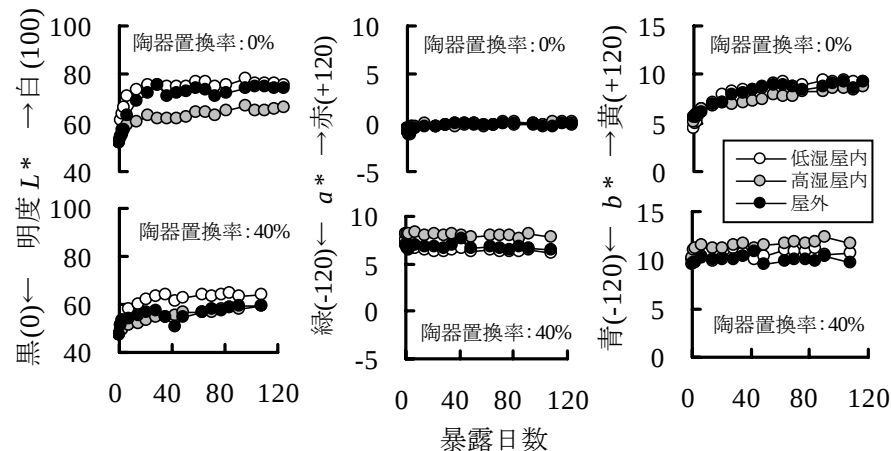


図-6 色彩値($L^*a^*b^*$)の経時変化