

# 안료를 혼합한 고강도 시멘트 복합체의 강도 및 색상 발현의 관계특성

## Characterization of the Relationship between Strength and Color Expression of High-Strength Cement Composites Incorporating Pigments

지성준<sup>1</sup> · 김규용<sup>2</sup> · 편수정<sup>3</sup> · 최병철<sup>3</sup> · 김문규<sup>1</sup> · 남정수<sup>4\*</sup>

Ji, Sung-Jun<sup>1</sup> · Kim, Gyu-Yong<sup>2</sup> · Pyeon, Su-Jeong<sup>3</sup> · Choi, Byung-Cheol<sup>3</sup> · Kim, Moon-Kyu<sup>1</sup> · Nam, Jeong-Soo<sup>4\*</sup>

**Abstract** : Recently, the construction industry has seen the emergence of interior and exterior finishes using ultra-high performance concrete (UHPC) and colored concrete products using precast concrete (PC). However, the excessive amount of pigment used for coloring reduces the strength of the concrete. There is a need to improve the durability and chromaticity of colored concrete, and further analytical studies on the properties of colored concrete are also required. Therefore, in this paper, colored ultra-high strength cement composites (C-UHSCC) containing red and green inorganic pigments were prepared, and the compressive strength and color of the specimens were measured according to the age, and the correlation between strength and color was analyzed by simple linear regression analysis using R<sup>2</sup> value. The results showed that the red color was highly correlated with L\* and a\*, and the green color was highly correlated with a\*. These results can be considered for various concrete formulations, but research is needed to suggest the optimal pigment mixing ratio for proper strength and color development.

**키워드** : 초고강도 시멘트 복합체, 안료, 압축 강도, CIE L\*a\*b\*

**Keywords** : ultra-high-strength cementitious composites (UHSCCs), pigment, compressive strength, CIE L\*a\*b\*

### 1. 서론

최근 건설업계에서는 초고성능 콘크리트(UHPC)와 같은 포졸란계 재료가 내외장 마감재로 개발되고 있으며, 프리캐스트 콘크리트(PC)를 사용한 다양한 색상의 콘크리트 제품이 등장하여 실내외 공간에 널리 사용되고 있다. 컬러 콘크리트는 건축 설계 및 미적 요소를 포함하는 응용 분야에서 대체재로 사용될 수 있으나, 이러한 재료의 기계적인 특성은 더욱 향상되어야 한다[1]. UHPC 및 PC 제품의 다양성 증가에 따른 소비자의 요구를 만족시키기 위해서는 내구성과 발색성이 향상된 컬러 콘크리트의 특성 분석이 필요하다. 그러나 착색을 위해 과도한 양의 안료를 첨가하면 시멘트 수화반응에 필요한 수분을 안료가 흡수하여 콘크리트의 작업성과 압축 강도가 저하될 수 있다[2].

따라서, 본 연구에서는 안료가 혼합된 고강도 시멘트 복합체의 강도와 색상 간의 관계를 분석하기 위해 적색 및 녹색의 무기안료를 혼합한 유색 초고강도 시멘트 복합체(C-UHSCC)를 제작하고, 재령일에 따라 압축 강도와 색상을 측정하여 상관관계 분석을 수행하였다.

### 2. 실험 방법

표 1. 시험체 배합 비율 (질량비)

ID	Cement	SF	SP	W	SP agent	Pigment
P	1	0.23	0.33	0.26	0.04	-
R5						0.05
R10						0.1
G5						0.05
G10						0.1

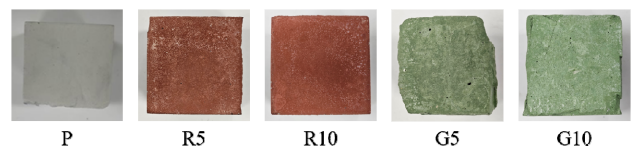


그림 1. C-UHSCC 시험체 사진

안료를 혼합한 시멘트 복합체의 압축강도와 색상을 측정하기 위해 표 1과 같이 적색(R), 녹색(G)의 안료를 각각 5%, 10%씩 첨가하여 실험을 진행하였다. 안료는 EN 12878:2014와 ASTM C979에 따라 비율이 10%를 초과하지 않도록 하였다.

1) 충남대학교 건축공학과, 석사과정  
 2) 충남대학교 스마트시티건축공학과, 교수  
 3) 충남대학교 건축공학과, 박사과정  
 4) 충남대학교 스마트시티건축공학과, 교수, 교신저자(j.nam@cnu.ac.kr)

압축강도는 3일, 7일, 28일의 50×50×50 mm의 큐빅 시험체 3개의 측정값의 평균으로 계산하였다. 시험체의 색상은 CIELAB 색 공간의 L\*, a\*, b\* 값을 사용하여 측정하였다. 여기서 L\*는 밝기 정보, a\*는 적록색 정보, b\*는 청황색 정보를 나타낸다. 시험체의 압축강도와 색상의 상관관계는 단순 선형 회귀 분석을 통해 각 관계의 R<sup>2</sup>값을 이용하여 나타내었다.

### 3. 결과 및 분석

안료의 색상과 혼입량에 따른 압축강도와 색상의 상관관계는 단순 선형 회귀 분석을 통해 각 관계에 대한 R<sup>2</sup>값으로 평가하였다. 그림 2(a)~(d)에 측정 결과와 해당 값과 상관관계를 색으로 나타냈다. R<sup>2</sup>값이 1에 가까운 데이터는 파란색으로 표시하고 R<sup>2</sup>값이 0에 가까운 데이터는 주황색으로 표시하였다. 재령 3일의 경우, 대부분의 시험체가 0.5 이하의 상관관계를 나타내었다. 재령 7일에서 R5는 강도와 색상 간의 상관관계가 높은 것으로 나타났다. R5는 강도가 발현될 때 초기 색상에 비해 발색이 잘 되는 것으로 판단된다. 재령 28일에서는 P의 a\*, R10의 L\*, b\*, G10의 a\*를 제외한 R<sup>2</sup>값이 0.5 이상으로 계산되었다. 종합 결과에서, P의 경우 L\*, R5의 경우 a\*, R10의 경우 L\*, G 계열의 경우 a\*에서 높은 R<sup>2</sup>값이 측정되었다. R 계열의 경우 혼입률 5%에서 a\*와 높은 상관관계를 보였으며, 혼입률이 높아지면 L\*과의 상관관계가 증가하였다. G 계열에서는 혼입률과 관계없이 a\*가 강도와 가장 높은 상관관계를 보였다. CIELAB 색 공간은 안료의 영향을 받지 않고 색의 강도를 나타낸다. 따라서, L\*를 파악하기 위해서는 강도와 색상 간의 관계를 분석하는 것이 효과적이라고 사료된다.

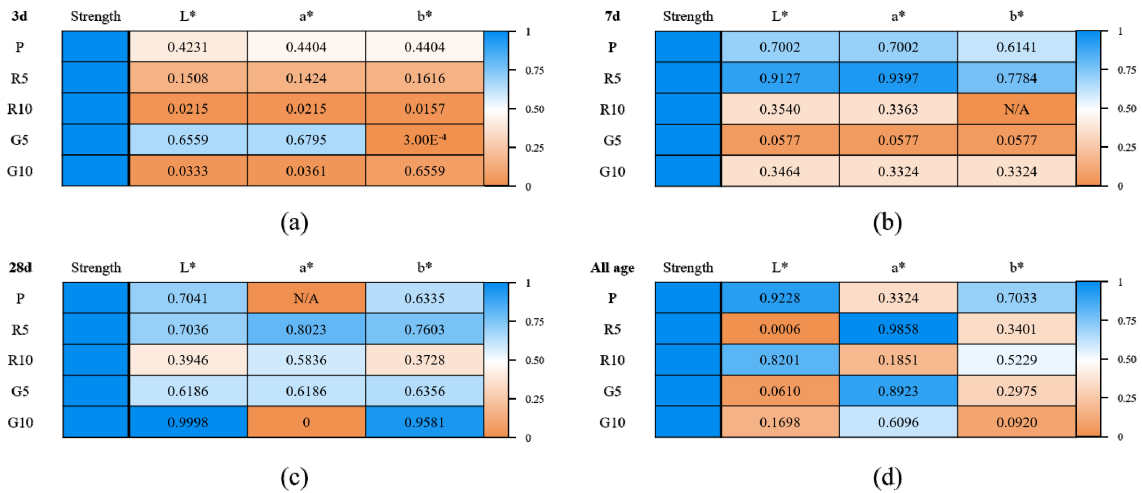


그림 2. (a) 3일, (b) 7일, (c) 28일, (d) 종합(3~28일)에서 측정된 R<sup>2</sup>값과 HSCC의 상관관계

### 4. 결론

재령일에 따라 C-UHSCC의 압축강도와 색상의 상관관계를 분석한 결과, 안료의 혼입률이 낮을수록 R 계열에서 강도와 L\* 사이의 상관관계가 높아지고 혼입률이 높을수록 강도와 a\* 사이의 상관관계가 높게 나타났다. G 계열은 혼입률과 관계없이 a\*와 높은 상관관계를 보였다. 이러한 결과는 U-HSCCs 이외의 다양한 콘크리트 배합에서도 고려될 수 있으며, 추후 적정 강도와 색상의 발현을 위한 최적의 안료 혼입률을 제안하는 연구가 필요한 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 논문은 2020년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었습니다(No. 2020R1C1C101403812).

### 참고문헌

1. Uysal M. The use of waste maroon marble powder and iron oxide pigment in the production of coloured self-compacting concrete. *Advances in Civil Engineering*. 2018. p. 8093576.
2. Hatami L, Jamshidi M. Influence of pigment content and cement type on appearance and performance of colored self-compacting mortars (C-SCMs). *International Journal of Civil Engineering*. 2017. Vol.15. pp. 727-736.