

콘크리트용 안료의 종류 및 첨가율에 따른 칼라콘크리트 기초물성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on Properties of Color Concrete with Types and Addition Ratio of Pigment

박종호*
Park, Jong-Ho

김정빈**
Kim, Jung-Bin

정용***
Jeong, Yong

ABSTRACT

Recent trends show an increased usage of 'colored concrete', a inorganic pigmented concrete mix, especially in small to large scale buildings. However, due to lack of regulations, current usage of colored concrete indicates a lack of consideration for safety factors and aesthetic aspects. Sometimes color pigmentation used in paints are inappropriately used in concrete, and in many cases the addition of coloring material is done without proper research into how structural characteristics of resulting concrete may have been affected. To resolve these issues, some construction sites apply ASTM or ACI regulations. However, such regulations incorporate elements that cannot be applied in Korea, which makes their domestic application impractical. In this paper, the primary aim is to determine to what extent the basic material characteristics of concrete is affected by the variety and quantity of different color pigments, and in so doing establish a foundation for future reference in case of construction projects involving the use of colored concrete.

요약

무기계 안료를 사용하여 제조한 칼라콘크리트가 중소형 건축물을 중심으로 점차 확대되는 경향이 있다. 그러나 콘크리트용 안료와 칼라 콘크리트에 관한 국내 규정이 전무하여 콘크리트 물성을 고려하지 않고 페인트나 플라스틱용 안료를 콘크리트에 사용하거나 안료에 따른 콘크리트의 공학적 특성 검토 없이 현장에 적용되고 있어 구조물의 미적요인의 저하 및 안전성 등 여러 문제들이 간과되고 있는 실정이다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 일부 현장에서는 ASTM이나 ACI 규정을 현장에 적용하고 있지만 국내 실정에 맞지 않는 부분들이 존재함에 따라 그마저도 어려움이 따르고 있다. 본 연구에서는 안료의 종류 및 첨가율이 콘크리트의 기초적 물성에 미치는 영향을 검토함으로써 향후 칼라노출 콘크리트의 제조 및 시공 지침의 기초 자료로 활용하고자 한다.

* 정회원, (주) 삼표 기술연구소 선임연구원

** 정회원, (주) 삼표 기술연구소 책임연구원

*** 정회원, (주) 삼표 기술연구소 수석연구원

1. 서 론

최근 중·소형 건축물을 중심으로 칼라노출 콘크리트가 실험적으로 적용되고 있다. 칼라노출 콘크리트의 적용은 건축물 표현요소의 다변화적 측면에서 매우 긍정적인 현상이라고 할 수 있다. 그러나 국내의 경우 이러한 칼라노출 콘크리트에 대한 시방규정이 전무함에 따라 콘크리트 물성 변화를 고려하지 않고 단순히 콘크리트에 안료를 혼입하는 등 안료 종류가 노출 콘크리트 색상과 물성에 미치는 영향에 대한 충분한 검증 없이 칼라 노출콘크리트를 제조 적용되는 경우가 대부분이다. 이러한 현장 규정의 부재를 해소하기 위하여 일부에서는 ASTM의콘크리트용 안료에 대한 규정과 ACI의 Architectural Concrete 규정을 현장에 적용하였으나 국내 실정과 다소 괴리가 되는점이 있어 종종 혼선이 발생하고 있다.

따라서 본 연구에서는 안료가 콘크리트의 기초적 물성에 미치는 영향을 검토함으로써 향후 칼라노출 콘크리트의 제조 및 시공 지침의 기초 자료로 활용하고자 한다.

2. 실험 방법 및 사용재료

2.1 실험개요

본 연구의 실험 개요는 표 1과 같이 8종의 무기계 안료에 대해 첨가율에 따른 콘크리트의 슬럼프, 공기량, 압축강도 및 색상의 변화를 검토하였다.

표 1. 실험 개요

안료 종류	안료 첨가율 (%B)	시멘트 종류	목표 슬럼프 (mm)	목표 공기량 (%)	S/a(%)	단위 수량 (kg/m ³)	결합재량 (kg/m ³)	측정 항목
White, Red, Blue, Green, Yellow, Orange, Brown	0.0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 7.0	백색 포틀랜드 시멘트	210 ± 15	5.5 ± 1.5	49.0	178	324	슬럼프 공기량 압축강도 색상
Black	0.0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 7.0, 10.0	1종 보통 포틀랜드 시멘트						

2.2 사용 재료 및 실험 방법

콘크리트용 안료를 제외한 본 연구에서 사용된 재료의 특성은 표 2와 같다. 모든 재료는 콘크리트의 색상에 영향이 작고 균질한 품질과 색상으로 현장에 공급할 수 있는 재료만을 사용하였다. 안료의 특성 및 원산지는 표 3과 같다. 슬럼프, 공기량, 압축 강도는 KS규정에 준하여 실시하였으며, 안료 종류와 첨가량에 대한 실험의 근간은 ASTM과 ACI를 따라 실시하였다. 색상은 일본 미놀타사의 CM-2500D휴대용 측색기를 사용하여 Lab 값을 측정하였다.

표 2. 사용 재료

분류	종류	비고
시멘트	1종 보통 포틀랜드 시멘트	비중 : 3.15
	백색 포틀랜드 시멘트	비중 : 3.05
잔골재	부순 모래	비중 : 2.61, 흡수율 : 0.73
굵은골재	부순 자갈	비중 : 2.61 흡수율 : 0.6
감수제	폴리카르본산계	-

표 3. 콘크리트용 안료

종류	주성분	원산지
White	Ti	프랑스
Red	Fe	
Blue, Green	Ca, S, Fe, Cu	싱가포르
Yellow	Ca, Fe, Cu	
Orange	Ti, Al, Si	
Brown	Fe	
Black	Fe, S	
	Mn, Fe	

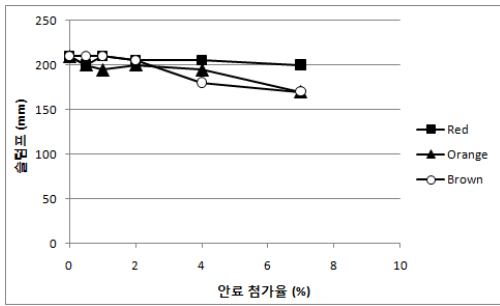


그림 1. Fe계 안료 첨가율에 따른 슬럼프의 변화

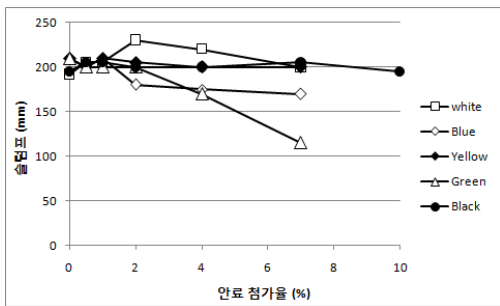


그림 2. Ti, Ca계 안료 첨가율에 따른 슬럼프의 변화

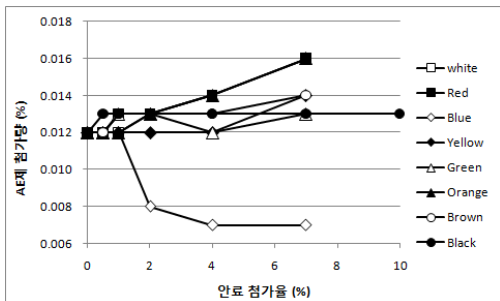


그림 3. 목표 공기량을 만족시키기 위한 AE제 첨가량의 변화

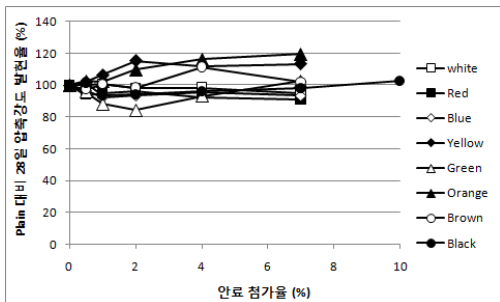


그림 4 Plain대비 28일 압축강도 발현율

3. 결과 및 고찰

3.1 슬럼프

그림 1과 2는 안료 첨가율에 따른 슬럼프의 변화를 나타낸 것으로 주성분이 Ti계열인 White, Yellow는 첨가율에 따른 슬럼프의 변화가 발생하지 않거나 슬럼프가 다소 증가 되는 현상을 나타내었다. Fe계열의 경우 Red는 Ti계열과 마찬가지로 슬럼프의 변화가 발생하지 않았으나 Orange의 경우는 7%, Brown은 4%부터 슬럼프 저하가 발생하였다.

Ca계의 경우 Blue와 Green 모두 첨가율 2%부터 슬럼프 저하가 발생하기 시작하였으며 특히 Green의 경우 첨가율에 따른 슬럼프 저하가 모든 안료 중 가장 크게 나타나고 있어 사용상의 주의가 필요할 것으로 사료된다.

일반적으로 분말형의 첨가물이 콘크리트에 첨가되는 경우 슬럼프는 분말도에 가장 영향을 받기 쉬운 것으로 알려져 있으나 안료의 경우는 분말도나 입도의 영향보다는 주성분에 의한 영향이 가장 큰 것으로 사료된다.

3.2 공기량

그림 3은 안료 첨가율에 따른 목표 공기량을 만족시키기 위한 AE제의 첨가량 변화를 나타낸 것이다. 안료에 의하여 공극이 충전되는 효과로 인하여 목표 공기량을 만족시키기 위한 AE제의 첨가량은 안료 첨가율에 따라 증가 하는 것으로 나타났다. 한편 Blue의 경우에는 반대로 안료 첨가율이 증가 될수록 AE제의 첨가량은 감소하는 것으로 나타났는데 이는 구성 화학물 중 콘크리트 내에서 기포를 발생시키는 성분이 있기 때문인 것으로 사료된다.

3.3 압축강도

그림 4는 안료 첨가율 0%를 plain으로 한 안료 첨가율에 따른 28일 압축강도 발현율의 변화를 나타낸 것이다. 안료 첨가율이 증가함에 따라 White, Red, Blue는 감소하는 경향을 나타내었으며 Yellow, Orange는 증가하는 경향을 나타내었다.

한편 Green과 Black은 안료 첨가율 1~2%까지 압축강도가 감소한 후 다시 증가하였으며 Brown의 경우에는 안료 첨가율과 관계없이 유사한 압축강도를

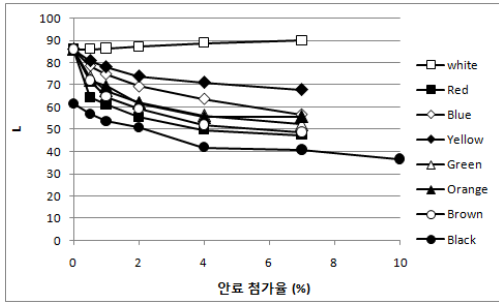


그림 5. L값의 변화 (100 : 밝음, 0 : 어두움)

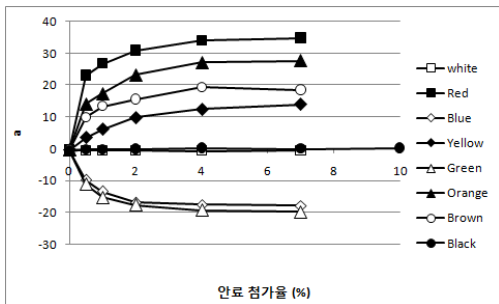


그림 6 a값의 변화 (+ : 적색, - : 녹색)

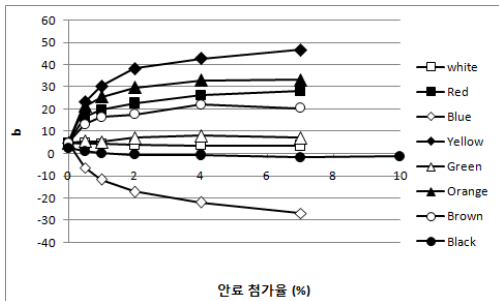


그림 7. b값의 변화 (+ : 노란색, - : 청색)

나타내었다.

3.4 색상

그림 5, 6 및 7은 안료 첨가율에 따른 색상의 변화를 나타낸 것이다. 안료 첨가율이 증가함에 따라 색상은 일정하게 변하지 않으며 첨가율이 증가할수록 색상의 변화 폭은 좁아져 안료의 한계 첨가율에 근접하는 것으로 나타났다. 특히, 본 연구의 실험 범위에서는 Green과 Orange은 4% 이상부터 색상의 변화폭이 급격하게 줄어드는 한계 첨가율을 확인할 수 있었다.

4. 결론

콘크리트용 안료의 종류 및 첨가물에 따른 기초 물성을 검토한 결과는 다음과 같다.

- 1) 슬럼프 및 공기량은 안료의 물리적 성질보다 화학적 구성에 의한 영향이 큰 것으로 나타나고 있어 콘크리트에 안료를 적용하는 경우 주성분의 확인이 필요할 것으로 사료된다.
- 2) 압축강도를 검토한 결과 Green을 제외한 모든 안료에서 10% 이상의 강도 저하가 나타나고 있지 않으며 안료 종류에 따라 강도가 증진될 수 있으므로 배합설계시 이에 대한 확인이 필요하다.
- 3) 콘크리트용 안료는 적정 색상을 발현하는 한계 첨가율이 존재하므로 배합설계 전에 모르타르 실험을 통하여 색상 발현 한계 첨가율을 확인하는 것이 필요하다.

참고문헌

1. ASTM C 979 Standard Specification for Pigments for Integrally Colored Concrete
2. ACI 303.1-97 Standard Specification for Cast-In-Place Architectural Concrete