

표면 착색용 산화제를 이용한 컬러 콘크리트의 기초 연구

A Fundamental Study on the Properties of Color concrete Using Stained Agent

박 호 진* 이 원 영* 이 경 현* 최 덕 진** 강 철** 김 진 만***
 Park Hyo-Jin Lee Won-Young Lee Kyung-Hyun Choi Duck-Jin Kang Cheol Kim, Jin Man

Abstract

Because buildings which apply color that is various to concrete recently are introduced, value as design element of building is rising gradually in townscape. Even if expense is increased according as importance of concrete that have variety of design because do such social background and connection is emphasized, development of color concrete is pressing.

Therefore, in this research, examined concrete physical & chemical characteristics by use of acid agent as part of research to embody diverse surface color of cement material. Here, embodiment of various color by unique color that stained hydrate has as that Color Concrete forms stained oxide that react with hydrate within concrete spreading stained agent that contain acid and metallic-ion in matrix that have cement ingredient on the surface is available.

키 워 드 : 컬러 콘크리트, 착색용 산화제, 산, 컬러
 Keywords : Color concrete, stain agent, Acid, Color,

1. 서 론

최근 들어, 콘크리트에 다양한 색을 적용한 건축물들이 소개되고 있어 이에 대한 관심이 증가하고 있다. 지금까지의 콘크리트는 건축물을 구성하는 요소로써만 인식되어 왔지만 콘크리트의 컬러화는 이러한 인식의 전환과 함께 도시 경관 측면에서 디자인적 요소로써 가치가 점차 높아지고 있다. 콘크리트 제조 시 가장 많이 이용되고 있는 재료는 보통포틀랜드시멘트이다. 이는 가격적인 측면과 함께 콘크리트가 가져야 할 재료적, 구조적인 특성을 고려해야 하기 때문이다.

기본적으로 콘크리트는 시멘트의 주요광물인 Fe_2O_3 로 인해 회색계의 색상을 나타내어 색상 표현의 단조로움 및 다양한 색상을 구현 할 수 없는 단점을 가지고 있다. 건축물 중 일부에서 백색 및 흑색 콘크리트를 적용한 사례도 있지만 아직까지는 그 사례가 적다.

국내에서의 컬러콘크리트는 구조체용 콘크리트보다는 주로 콘크리트 2차제품분야에서 적용되고 있다. 이러한 현상은 공사비의 증가가 주원인으로 아직까지는 경제성을 크게 고려해야하기 때문이다. 국내와는 달리 외국에서의 컬러 콘크리트의 사용은 유럽 및 북

미를 중심으로 많이 사용되고 있다. 이는 콘크리트에 컬러를 적용하는 것이 공사비를 증가시키는 원인으로 작용하지만 심미성, 독창성이 건축물의 구성요소로 강조됨에 따라 점차적으로 컬러 콘크리트가 확대되고 있는 것이다. 이런 사회적 경향에 따라 국내에서도 근래에 들어 다양한 컬러의 콘크리트 제품을 찾는 수요자가 증가하고 있으며 특히 회색의 단조로운 콘크리트를 탈피하여 다양한 색을 사용하거나 형태를 다양화 하는 시도가 이어지고 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 사회적 요구 및 경향에 부응하기 위해 다양한 색을 구현할 수 있는 컬러콘크리트의 개발 및 특성에 관한 일련의 연구로써 기존에 일반적으로 사용되고 있는 안료를 사용하여 색상을 구현하는 방식이 아닌 산성계열의 금속이온을 함유하고 있는 착색제를 사용해 콘크리트와의 화학반응을 유도하여 다양한 색을 구현할 수 있도록 하였으며 우선적으로 콘크리트에 색상을 구현할 수 있는 착색제의 특성 검토와 함께 이를 사용한 콘크리트의 물리, 화학적 특성을 검토하여 컬러콘크리트의 개발에 기초적 자료로 활용하고자 한다.

2. 사용 재료 및 실험 방법

3.1 사용 재료

본 연구에서 사용한 산화제는 미국의 K사 제품을 사용하였다.

* 공주대학교 건축공학과 석사과정
 ** 공주대학교 건축학과 박사과정
 *** 공주대학교 건축학과 교수

사용한 착색용 산화제는 산성 계열이며 금속 이온을 함유하고 있다. 표 1은 사용한 착색용 산화제의 주요 화학적 성분을 나타낸 것이고 그림 1은 착색용 산화제의 pH를 나타낸 결과이다. 컬러에 따른 화학적 성분은 비슷한 메커니즘을 가지고는 있으나 각각의 착색제에 따라 컬러를 구현하는 성분의 차이를 보이고 있으며 pH 역시 차이를 보이고 있지만 대체로 강산성을 나타내고 있다.

표 1 착색용 산화제의 화학적 성분

Type	Al ₂ O ₃	Cl	CaO	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	CuO
light Brown	0.2	24.43	0.22	0.19	0.47	73.51	0.1
Black	0.28	38.21	0.26	22.76	37.24	0	0
Green	0.27	39.01	0.23	3.97	0.01	0	55.08
Red	0.13	34.81	0.17	5.62	0.37	57.63	0.04

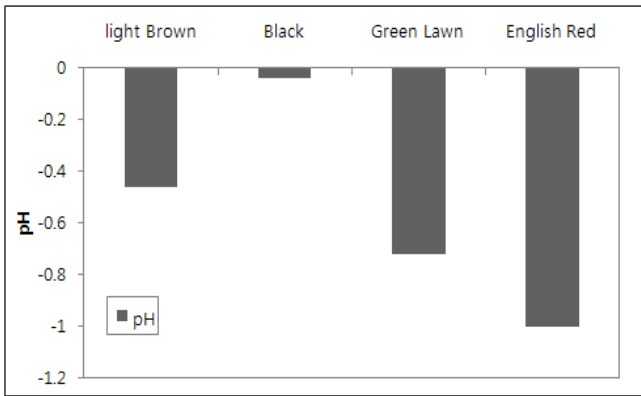


그림 1 착색용 산화제의 pH

3.2 실험계획

착색용 산화제를 사용한 콘크리트의 특성을 파악하기 위해 Petri dish에 바탕판(보통 포틀랜드 시멘트 모르터)을 제작하여 착색용 산화제의 적용을 계획하였다. 바탕판에 착색용 산화제를 도포한 후 착색의 반응 정도를 알아보기 위해 실험을 계획하였다. 실험 인자는 착색용 산화제의 4 가지 컬러 종류를 선정하여 실험에 적용하였으며 측정항목으로는 착색용 산화제의 사용에 따른 수화물의 표면 거칠기 변화와 pH, 미세구조, 화학적 구성 등 물리·화학적 특성을 검토하였다.

표 2. 실험 구성

Factor	Levels	Test items
Color	·light Brown ·Black ·Green ·Red	·pH ·SEM - EDS ·Surface roughness

3.3 실험방법

Petri dish에 실험용 바탕판을 만들고, 20일 기건 양생 후 표면의 레이턴스 등 이물질들을 완전히 제거 한다. 바탕판의 종류는 보통 포틀랜드 시멘트 모르터를 사용하였고, 착색용 산화제는 light Brown, Black, Green, Red 4가지 색상을 사용하였다. 모르터 바닥면에 착색용 산화제와 물을 1:1 중량비의 농도로 2회 도포하여 실험을 실시하였다. 표면의 반응을 알아보기 위해 pH, SEM-EDS와 표면 거칠기를 측정 하였다.

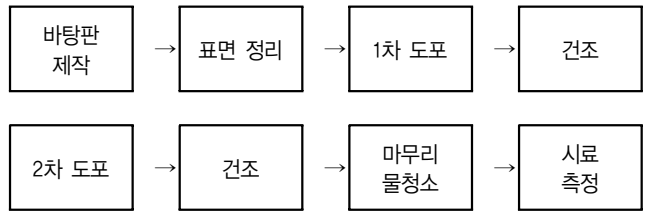


그림 2 실험순서

3. 실험결과

3.1 물리적 특성

그림 3은 모르터 표면의 거칠기 정도를 나타내는 표면 조도기를 이용해 측정된 결과이다. 화학적 반응으로 인해 표면에 새로운 착색산화물이 생성되었기 때문에 표면에서 산화물이 많이 생성된 것일수록 표면은 더 거칠어진 것을 확인 할 수 있었다.

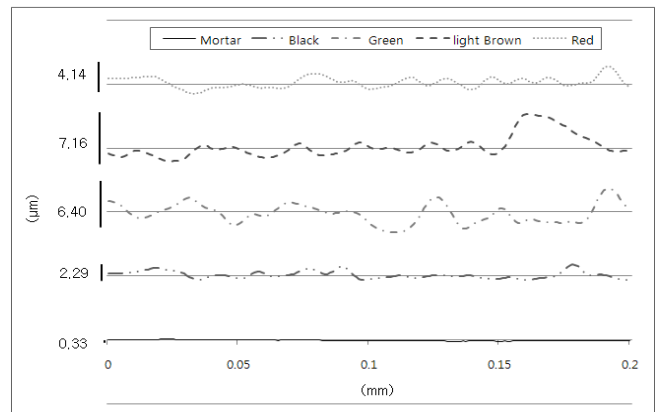


그림 3 표면 거칠기

3.2 화학적 특성

3.2.1 pH 분석

Stained Concrete의 메커니즘을 통해 산과 염기의 중화 반응을 확인하기 위해 pH를 측정하였다. 그림 4는 보통 포틀랜드 시멘트 모르터 표면에 표면 착색용 산화제를 도포한 후 모르터 표면의 pH를 측정하여 나타낸 결과이다. 여기서 pH 측정은 표면에 반응을

한 부분을 채취하여 5%의 수용액을 만들어 측정하였다. 측정된 결과 pH는 보통 모르터는 11.3이고 착색제를 사용해 표면을 도포한 모르터는 10.2에서 11.14로 보통 모르터와 많은 차이를 보이지 않았다. 이는 콘크리트의 알칼리 성분과 착색용 산화제의 산이 반응한 후 착색 산화물인 염이 형성되어 중화된 부분은 물에 용해되지 않는 것으로 보인다. 그림 5는 산과 염기의 중화반응을 알아보기 위해 부순 모르터와 표면 착색용 산화제를 1:2 비율로 반응시킨 후 pH의 변화를 나타낸 그래프이다. 여기서 표면 착색용 산화제의 pH가 -에서 +로 변한 것은 산과 알칼리의 중화 반응에 의해 pH가 높아진 것으로 알 수 있었다.

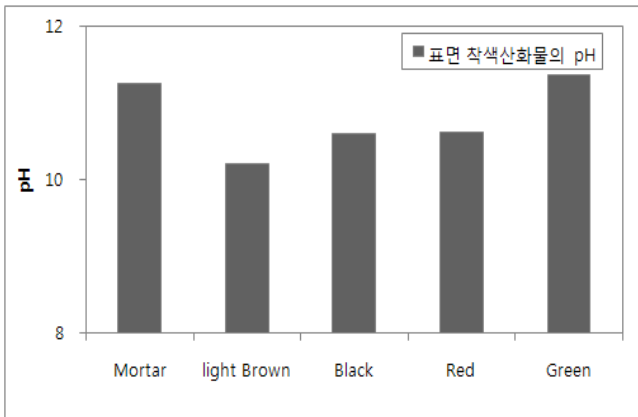


그림 4 표면 착색산화물의 pH

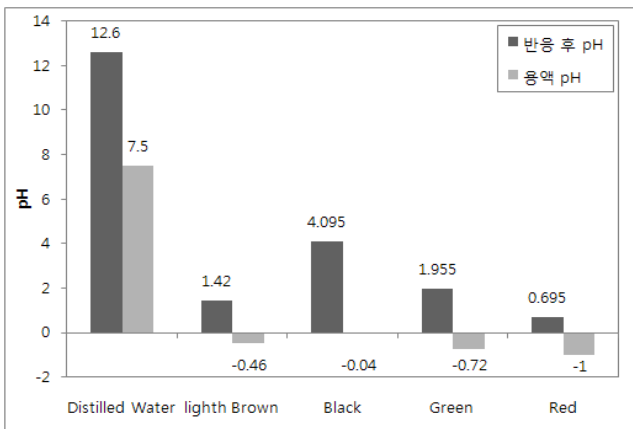
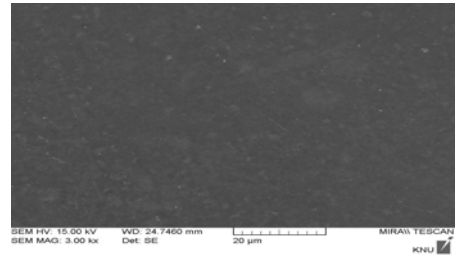


그림 5 중화반응에 의한 용액의 pH 변화

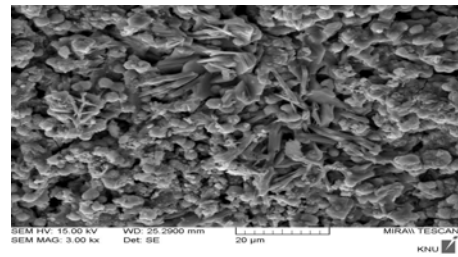
3.2.2 표면 형상 및 화학적 구성 분석

모르터 표면의 화학적 반응에 의해 변화된 미세구조 및 생성되고 감소되는 원소의 양을 알아보기 위해 SEM과 EDS를 비교하여 나타낸 결과이다. 그림 6은 콘크리트 표면의 변화된 미세구조를 알아보기 위해 SEM을 촬영한 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 반응 물질에 의해 침상형 구조가 생성된 것을 알 수 있다. 그림 7, 8은 콘크리트의 표면의 화학적 변화를 알아보기 위해 EDS를 측정 한 것이다. 그림 7은 표면의 원소량을 측정 한 것이고, 그림 8은 표

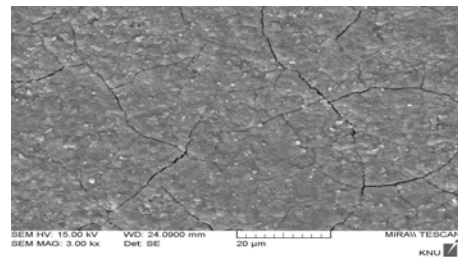
면에서 내부로 원소량을 측정하여 나타낸 것이다. 여기서 보면 표면의 화학적 구성에서 Plain 모르터에서 보다 도포한 모르터에서 K, Fe등 반응에 사용되는 원소들이 양 많이 나온 것을 확인하였다. 그로인해 중화 반응으로 인한 삼투압 현상으로 안에 존재하던 K, Fe등이 표면 쪽으로 다량 이동한 것으로 사료된다.



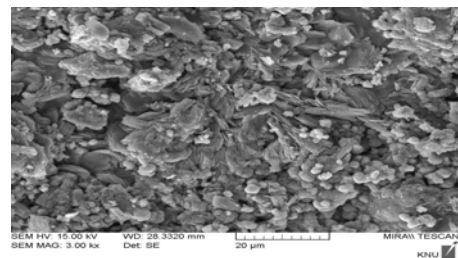
a) Mortar(X3000)



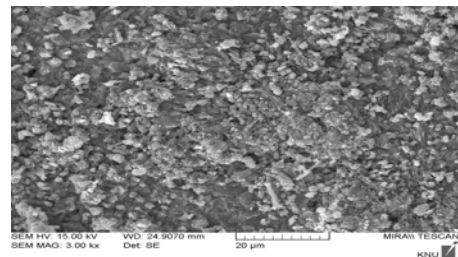
b) light Brown(X3000)



c) Black(X3000)



d) Green(X3000)



e) Red(X3000)

그림 6 시험체의 표면 형상(SEM)

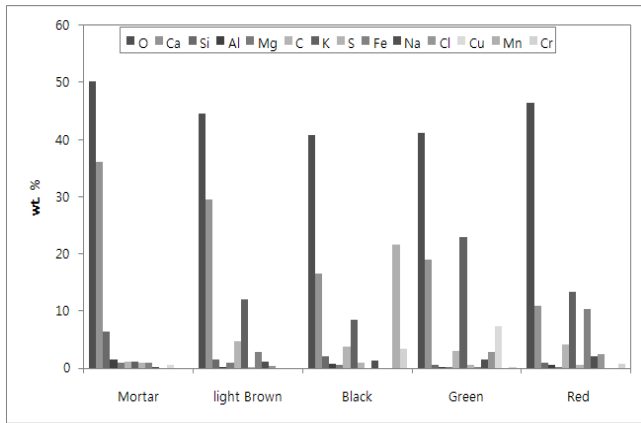


그림 7 모르터 표면의 화학적 구성(EDS)

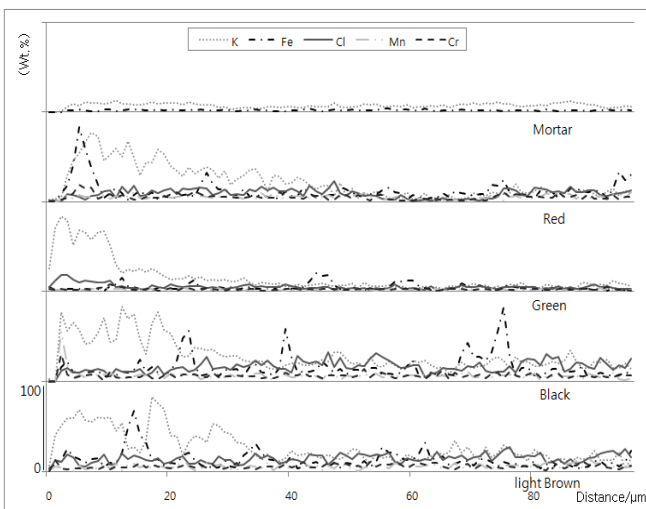


그림 8 모르터 표면에서 내부의 화학적 구성(EDS)

화 반응에 의해 pH가 높아진 것으로 사료된다.

3. 표면 착색용 산화제를 도포한 모르터는 산과 염기의 중화 반응으로 인해 형성되는 착색 산화물에 의해 색이 변하는 메커니즘을 가지고 있기 때문에 용액을 도포한 표면에서의 반응에 의한 삼투압 현상으로 K와 Fe 등 반응에 필요한 원소들이 표면 쪽으로 이동한 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과이며 이 연구에 참여한 연구자(의 일부)에 감사의 말씀을 올립니다.

참 고 문 헌

1. 이문환, 칼라 콘크리트의 제조기술 및 활용, 콘크리트학회지 제15권 제1호, 2003,1

4. 결 론

본 연구는 표면 착색용 산화제를 이용한 컬러 콘크리트의 물리
 ■ 화학적 특성을 검토한 것으로 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 화학적 반응으로 인해 표면에 새로운 착색산화물이 생성되었기 때문에 표면에서 산화물이 많이 생성된 것일수록 표면은 더 거칠어진 것을 확인 할 수 있었다.
2. 모르터 표면의 pH는 보통 모르터는 11.3이고 착색제를 사용해 표면을 도포한 모르터는 10.2에서 11.14로 보통 모르터와 많은 차이를 보이지 않았다. 이는 콘크리트의 알칼리 성분과 착색용 산화제의 산이 반응 한 후 착색 산화물인 염이 형성되어 중화된 부분은 물에 용해되지 않는 것으로 보인다. 또한 부순 모르터와 착색용 산화제를 반응 시킨 착색용 산화제의 pH가 -에서 +로 변한 것은 산과 알칼리의 중