

콘크리트 수조 구조물에 사용하는 방식코팅재의 화학수 침지에 따른 색차 변화와 물리적 성질의 관계분석 기초 연구

- 에폭시 수지계 도료를 중심으로 -

Analysis of Color-Difference and Physical Property of Anti-Corrosion Coatings Used in Concrete Tank

서현재*	김동범**	김윤호***	최성민****	오상근*****
Seo, Hyun-Jae	Kim, Dong-Bum	Kim, Yun-Ho	Choi, Sung-Min	Oh, Sang-Keun

Abstract

This study deals with the analysis of color-difference and physical property of anti-corrosion coatings using at inside of concrete tank for drinking water. Because anti-corrosion coatings are effected by chemical attack, color and physical property are changed. So in this study when epoxy resin coatings of 3 types were received chemical attack by Cl- and NaOH, we present the co-relationship between color-difference and bond strength. For this study, we used the colorimetry, which can measure the degree of color difference on surface of materials. As the results, in case of Cl-, color change is appeared, bond strength also is decreased. From this experiment, we could know that color change due to chemical aging has the deep relationship with physical performance(bond strength) materials, further researches are needed.

키 워 드 : 색차, 색변화, 변색, 화학침지, 방식재

Keywords : Chrominance, Color change, Discoloration, Chemical immersion, Anti-corrosion Coatings

1. 서 론

1.1 연구의 목적

상수용 수처리 콘크리트 구조물(정수지, 배수지, 기타 음용수조 등)은 먹는 물을 생산, 소독처리 하는 국가 기반 시설물의 하나이다. 따라서 상수용 정수처리 시설물의 관리는 먹는물 관리 기준에 의한 엄격한 처리가 요구되어 진다. 이러한 정수 처리조는 대부분 염소에 의한 정수방법이 적용되고 있으며, 염소 처리방법에 의해 제거되지 않는 맛·냄새·유기오염물질·암모니아성 질소 등에 대해서는 생물처리, 오존처리, 활성탄 처리 등이 사용되고 있는 실정이다.

상기와 같은 음용수 처리 약품(염소, NaOH 등)들은 콘크리트 구조물에 화학적 침식을 일으켜 콘크리트의 부식 및 열화를 가속화하는 원인으로 작용한다. 이에 콘크리트를 화학약품으로부터 보호하고 외부의 오염물질이 음용수로 침투하지 못하도록 정수처리 시설물 내부에 방식재료(에폭시수지 도료 등)의 시공이 요구된다.

특히, 음용수 처리 약품으로 사용 빈도수가 높은 차아염소산(살균 소독제), 수산화나트륨(pH 조정제)은 밀폐된 처리조 공간에서 장기적으로 화학 반응을 일으키게 된다. 이러한 화학 작용은 방식재료의 pH와 화학적인 성분에 변화를 유발하고, 이에 따라 재료의 표면에 변화를 야기하게 되는데 그 중 하나가 바로 색의 변화이다.

본 연구에서는 방식재료의 화학적 침식에 의한 색의 변화는 재료의 물리적 내구성능과 연관되어 있지만 아직 그 상관관계에 대한 연구가 전무한 실정이다. 만약, 방식재료의 색차 변화와 내구성능의 연관성이 입증된다면 비파괴 측정을 통한 열화 예측이 가능한 이점이 있기 때문에 유지관리를 위한 판단 측면에서 상당한 효과를 얻을 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 기존의 정수처리 구조물에 적용되고 있는 다양한 방식재료 중 사용 빈도가 높은 재료를 연구 대상으로 하였다. 이를 통해 화학수 침지에 의한 물리적 내구성능 값과 측정된 색차 데이터를 비교·분석하여 재료 물성변화의 특성을 파악하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 절차

본 연구의 범위는 정수처리 구조물중 상수도 구조물 내부면 방

* 서울산업대학교 산업대학원 석사과정, 정희원
 ** 서울산업대학교 산업대학원 석사과정, 정희원
 *** 서울산업대학교 산업대학원 석사과정, 정희원
 **** 건설신소재연구소 소장, 공학박사, 정희원
 ***** 서울산업대학교 공과대학 건축학부 교수, 공학박사, 정희원

식을 목적으로 적용되는 방식재료에 대해 화학용액 침지 실험을 통한 색차 측정 분석 방법 및 그 결과에 한정하고자 한다.

대상 방식재는 한국산업표준 KS F 4921 재료 성능을 만족하고, KS F 9001에 따라 상수도 콘크리트 구조물 내부 벽체 및 천 정면에 적용되는 시스템으로 바탕 조정재층을 포함한 방식층을 구성한다.

현재 정수처리 구조물에 적용되는 재료에 대한 규격과 표준이 따로 정립되어 있지 않으므로 현장 환경을 모사한 실험조건을 통해 화학용액침지 실험으로 평가하였다. 화학열화 촉진시험에 의해 열화된 방식재 시편의 표면색 변화 및 표면에서의 물리적 성질 분석을 통해 수처리조 내부에 적용되는 방식 재료의 색 변화에 따른 열화도 평가의 가능성을 고찰해 보고자 하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 화학수 침지 조건

본 연구에서의 화학수 침지조건은 상수도 시설에 사용되는 표 1의 2가지 화학용액(수산화나트륨, 차아염소산)에 사용 방식재를 대상으로 밀폐용기에 침지하여 재료 표면에서의 색변화 및 물리적 성질 변화(부착강도)를 평가한다. 관련 실험의 평가항목 및 방법은 표 1과 같다.

표 1. 실험계획

방식재	평가항목	색채 변화 및 부착강도
에폭시 수지계	대조군	밀폐 후 7일, 14일, 28일
	수산화나트륨 5%	화학침지 후 7일, 14일, 28일
	차아염소산 3%	

2.2 사용 방식재의 종류

본 연구에서의 사용된 방식재료는 표 2와 같이 기준에 가장 일반적으로 많이 사용되어온 에폭시 수지계 도로 3종(A공법, B공법, C공법)을 사용하였다.

표 2. 방식재료

시험체	재료성분
A공법	에폭시 수지계
B공법	
C공법	

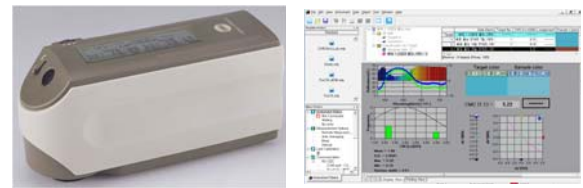
2.3 색차분석기 및 시험편

본 실험에 사용된 색차분석기는 표 3과 사진 1과 같이 CM-2500d를 사용하였고, 색채변화는 SpectraMagica™ NX 프로그램을 이용하여 분석하였다.

실험을 위한 화학침지 용기는 내 화학성을 지닌 용기로 내용물을 식별할 수 있는 투명용기를 사용하였다. 시험편의 크기 및 재료의 두께는 다음 표 3과 같다.

표 3. 색차측정기 일반 제원

조명수광광학계	d/8, SCI/SCE
측정파장 범위	360~740nm
측정파장간 폭	10nm
측정용 광원	Pulsed xenon lamps
재현성	분광반사율 : 표준편차 0.05%이내 ΔE^*_{ab} : 표준편차 0.01%이내
관찰조건	광원 : D65, 10° 시야



CM-2500d SpectraMagica™ NX

사진 1. 색차측정 장비 및 프로그램

표 3. 시험편 규격

시험 크기	40×80mm
시험 개수	각 용액침지별 1EA, 비교시험편 1EA
적치 일수	7일, 14일, 28일
시험 두께	유리 2mm + 방수·방식재 1~1.5mm

2.4 색차 분석 이론

색차는 사람의 10도 시야에 기초한 물체색을 측정하는 방법으로 사람의 눈으로 분간하기 어려운 미미한 색변화를 측정하는 것으로서 건축물 및 건축재료등의 표면색 변화를 색차측정기기를 이용하여 시험편의 열화도에 따른 색 변화를 수치로 나타내어 열화정도를 측정하기 위함이다.

본 시험에서는 분광 측색 방법(KS A 0063, 0066, 0061)에 따라 색차측정기로 측정하였으며 CIELAB 측정방법에 의거 L*, a*, b*로 나타내었다.

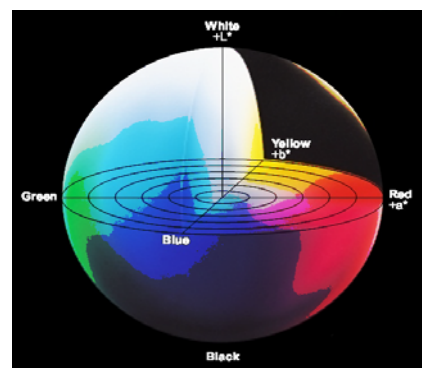


사진 2. 3차원 색상 그래프

L, a, b는 3차원 그래프(사진 2)로 구성되며 상호간의 상관관계를 나타내는 총 계산값을 ΔE^*_{ab} 로 나타낸다. 그러나 색변화의 정도를 계산값으로 나타냈을 경우 변화를 확인하기 모호하기 때문에 L*, a*, b*로 나타내었다.

표 4. 색차 측정값 확인 표

구분	지수명칭	+값	-값
L*	명도지수	밝아짐	어두워짐
a*	색조지수	Red	Green
b*	색조지수	Yellow	Blue

2.5 색차 변화 측정

제조된 시험편을 7일간 20° C 상온에서 양생한 후 전 시험편에 대한 Target점을 표시한 후, Target값을 측정한다. 측정이 완료된 시험편은 차아염소산 3%, 수산화나트륨 5% 용액에 동시에 침지시킨다.

7일 후 전 시험편을 침지상태에서 건져내어 표면상태를 육안 관찰 후 화학약품을 완전 건조시킨 후, Target점을 기준으로 전 시험편을 측정을 하여 7일 후, 14일 후, 28일 후의 색차를 측정한다.



사진 3. 색차 측정 현황

2.6 부착강도 변화 측정

2.5의 색차변화를 측정한 시험편을 대상으로 색차 변화가 물리적 특성에 미치는 영향과의 관련성을 알아보기 위해 부착강도를 측정하였다. 부착강도는 방식재의 성능을 장기적으로 유지하기 위한 주요 평가지표로서, 화학적 열화 이후 물리적 특성변화를 확인할 수 있는 시험항목이다.

시험은 각 재령별 색차 변화를 측정한 후 부착강도를 측정하였다. 부착강도의 측정은 한국산업표준 KS F 4921에서 규정하는 시험방법을 이용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 실험결과

3.1.1 색차 변화

실험결과 각 시험체 별로 화학반응에 의한 열화가 진행된 것을 확인하였다. 색차 변화 분석 결과는 표 5와 같다.

색차 측정결과를 각 변화 수치에 따른 색변화의 폭을 영어로 나타낸 것으로서 변화의 정도를 가늠할 수 있다. A공법의 무처리 a*와 B공법의 무처리 a*값이 같은 0.00임에도 불구하고 표현이 다른 이유는 기본 Target 값에서의 변화를 나타내기 때문에 약간 녹색 또는 녹색화로 표현된 것이다.

같은 greener 또는 less blue의 경우도 마찬가지로 Target값을 기준으로 변화되는 벡터량을 기준으로 판단하기 때문에 2차원적인 표현으로는 한계가 있다. 그래서 사진 2에서 보이는 것처럼 XYZ축에 대하여 상대적으로 해석해야 한다.

표 5의 내용을 L*, a*, b*의 변화 수치로 표현하여 색차 변화 폭을 그림 1과 같이 나타내었다. 그림 1에서 A공법과 C공법의 색차변화를 보면, 무처리 시험편과 수산화나트륨 시험편에서는 기준 Target값에 비하여 28일까지 약간의 변화도는 나타나지만 큰 색차변화는 없는 것으로 나타나고 있다.

표 5. 색차측정 수치 및 색변화 정도

		무처리	수산화나트륨	차아염소산	
7일	A	L*	-0.05 darker	0.00 lighter	-0.23 darker
		a*	0.00 less green	-0.24 greener	-0.80 greener
		b*	-0.09 less blue	-0.10 bluer	0.40 less blue
	B	L*	0.03 lighter	-0.08 darker	-0.08 darker
		a*	0.00 greener	-0.08 greener	-0.37 greener
		b*	-0.01 bluer	-0.17 bluer	-0.58 less blue
	C	L*	-0.02 darker	-0.07 darker	-0.46 darker
		a*	-0.12 less green	-0.16 less green	-1.57 greener
		b*	-0.01 bluer	-0.19 bluer	-0.35 less blue
14일	A	L*	-0.01 darker	0.01 darker	-0.43 darker
		a*	-0.02 less green	-0.15 greener	-1.00 greener
		b*	-0.17 less blue	-0.03 bluer	-0.48 less blue
	B	L*	0.01 lighter	0.02 lighter	0.12 lighter
		a*	-0.03 less green	-0.05 greener	-1.21 greener
		b*	-0.04 bluer	-0.01 bluer	-1.27 less blue
	C	L*	-0.01 darker	-0.03 darker	-0.55 darker
		a*	0.00 less green	-0.09 less green	-1.63 less green
		b*	-0.04 bluer	-0.08 bluer	-2.61 less blue
28일	A	L*	0.02 lighter	-0.08 darker	-0.55 darker
		a*	-0.02 less green	-0.31 greener	-1.84 greener
		b*	-0.23 less blue	-0.06 bluer	-1.54 less blue
	B	L*	0.02 lighter	0.06 lighter	-0.05 darker
		a*	0.00 greener	-0.09 greener	-2.22 greener
		b*	0.00 less blue	-0.02 bluer	-3.11 less blue
	C	L*	-0.03 darker	-0.11 darker	-0.751 darker
		a*	0.00 less green	-0.06 greener	-1.74 greener
		b*	-0.05 bluer	-0.21 bluer	-3.52 less blue

그러나 차아염소산 시험편은 색차변화가 활발히 나타나고 있음을 확인하였다.

즉, 시험에 사용한 에폭시 수지계 도료 3종의 경우 화학수 처리를 하지 않은 무처리 시험편은 색차의 변화가 크게 나타나지 않았다. 그러나 차아염소산에 침지한 시험편은 3가지 시험편 모두 색차변화가 시간이 지날수록 크게 나타나고 있음을 볼 수 있었다. 그러나 수산화나트륨에 침지한 시험편은 공법의 종류에 따라 A, C공법에서는 색차변화가 뚜렷하지 않았지만, B 공법에서는 크게 나타나고 있다. 이는 재료의 사용 성분이 색차 변화에 영향을 주는 것으로 보인다.

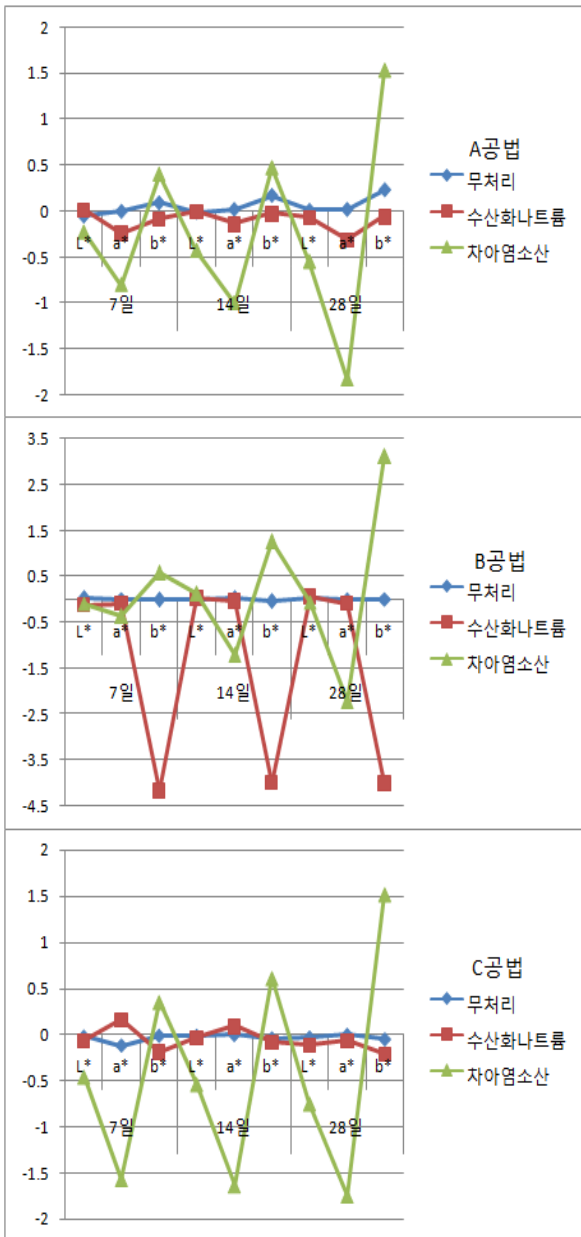


그림 1. 색차 측정

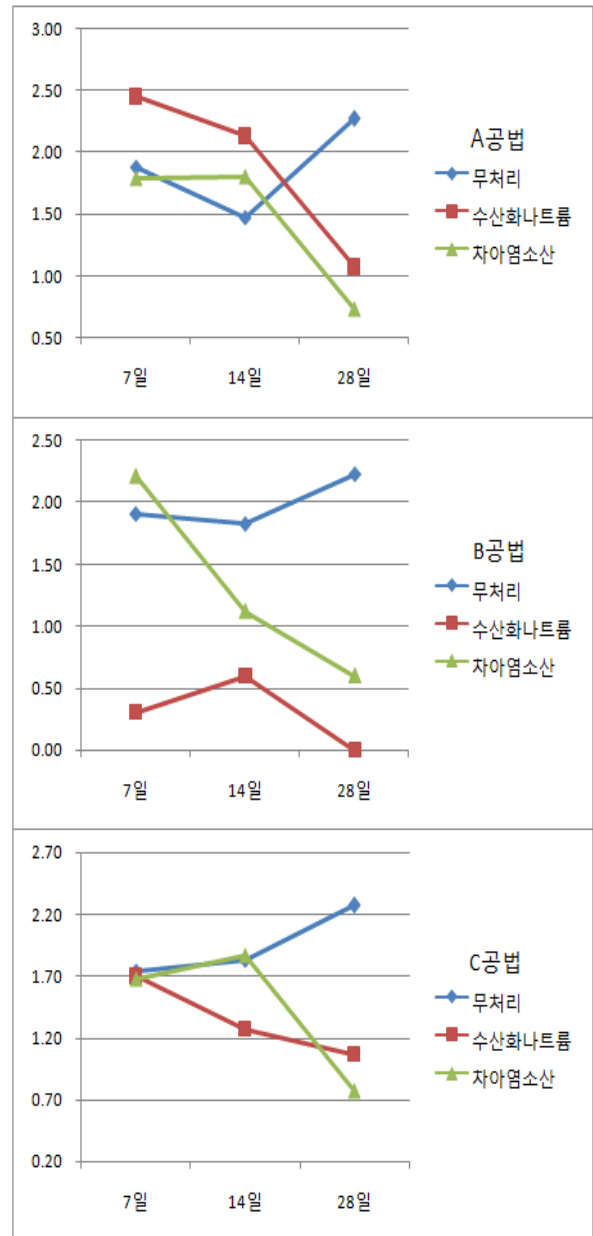


그림 2. 부착강도

3.1.2 물리적 성질(부착강도) 변화

3.1.1의 색차 변화가 물리적 특성에 미치는 영향과의 관계를 알아보기 위해 각 시험편에 대해 부착강도를 측정하였고, 그 결과는 그림 2와 같다.

부착강도는 무처리 시험편에서 점차 증가 추세(일반적으로 재령 증가에 따라 나타나는 성능 특성)를 보이고 있다. 그러나 수산화나트륨 및 차아염소산에 침지한 시험편에서는 부착강도가 감소하는 현상을 보이고 있다. 이러한 현상은 에폭시 수지계 도료가 화학적 침식의 영향을 받으면 점차 물리적 성능이 저하하는 일반적 경향과 같은 결과이다. 따라서 색차의 변화가 물리적 특성의 변화를 예측할 수 있는 평가지표가 될 수 있을 것으로 판단한다.

3.2 고 찰

무처리 시험편은 밀폐공간 중에서 다른 시험편들의 화학성분과 직사광선, 대기중의 산소와 질소 등에 의하여 미소한 색차 변화가 진행된 것으로 판단된다. 대기중의 CO_2 와 N 등의 화학성분이 색 변화에 영향을 미치는지에 대한 추후 추가 시험을 통하여 확인하고자 한다. 차아염소산에서는 초기에 반응은 없었으나 점차 발색이 되는 듯 하얀빛을 띄게 되었는데 표백제 역할로 인한 발색으로 판단된다. 수산화나트륨에 침지한 시험편은 공법의 종류에 따라 색차변화가 다르게 나타나고 있는 요인으로는 재료의 사용 성분이 색차 변화에 영향을 줄 것으로 추정되고 있다.

또한 화학수의 침지에 따른 색차의 변화가 물리적 특성에도 영향을 주고 있음을 확인할 수 있었다. 이는 향후 방식도료의 색차 변화가 물리적 성능에 영향을 미치는 상관성을 찾을 수 있는 근거가 될 수 있다고 판단되는 결과이다.

4. 결 론

본 연구를 통하여 정수 처리조에서 사용되고 있는 염소(차아염소산)의 영향으로 인한 방식재의 성능 열화를 확인할 수 있었다. 전체적인 데이터를 분석해 보았을 때 색 변화가 심하게 발생할 때 부착강도 역시 영향을 미치고 있음이 확인되었다. 향후 이에 대한 해석은 통계적 수법으로 분석이 가능할 것으로 판단된다.

색 변화와 부착강도의 상관관계는 주로 차아염소산에서 발생하였으며, 이는 수처리조에서 방식재가 열화 할 수 있는 환경임을 나타내고 있으며, 비파괴 검사법으로 색차 측정을 도입하여 성능 확인을 할 수 있을 것으로 판단되어 보다 심도 있는 연구가 지속될 필요가 있다.

참 고 문 헌

1. 수처리제 관리제도 개선을 위한 연구. 환경부 용역보고서. pp.92~143, 2003
2. 양승도, 오상근, 오준 정수처리 음용수조 구조물에 사용하는 에폭시 수지 방수/방식재의 표면특성 평가. 한국건축시공학회 논문집, 2002.11