레드머드를 이용한 바닥컬러콘크리트의 현장적용

Application of the Color concrete with Red mud to the Floor Construction

김 태 청* 김 종* 전 충 근** 연 규 원*** 윤 기 원**** 신 동 안*****

Kim, Tae-Cheong Kim, Jong Jeon, Chung-Keun Yeon, Kyu-Won Yoon, Gi-Woon Shin, Dong-An

Abstract

This study investigated the application of red muds, which were industrial wastes fired at 800℃, with a coloring agents. The results were summarized as following. The slumpflow, air content and unit weight volume were satisfied with each target values. The setting time was shortened on the case that 3 % of the red coloring agent and fired red mud were simultaneously replaced about 1 hour compared with the previous study which was 6 % of the red coloring agent was individually used. For the length change ratio caused by drying shrinkage and depth of neutralization on hardened concrete, they were declined when 3 % of the red coloring agent and fired red mud were simultaneously replaced compared with the previous study. On the measurement of forming colors, the case that 3 % of the red coloring agent and fired red mud were simultaneously replaced was similar to the previous study.

키 워 드 : 컬러콘크리트, 레드머드, 착색재, 발색측정

Keywords : Color Concrete, Red Mud, Coloring Agent, Measurement of Forming Colors

1. 서 론

컬러콘크리트란 백색포틀랜드시멘트 및 기타시멘트에 착색재를 첨가하여 제작하는 것으로 국외의 경우는 내·외부 공간을 중심으로 다양한 색상의 컬러콘크리트가 광범위하게 쓰이고 있다. 반면, 국내의 경우는 컬러콘크리트에 첨가하는 착색재인 안료의 비용이 고가이고, 외부환경에서의 내구성 평가가 검증되지 않아 특별한 경우가 아닌 일반 건축물에서는 컬러콘크리트 타설을 피하려는 경향으로 받아들여지고 있다.

그런데, 근래에 들어 친정서적이면서도 다양한 콘크리트 제품을 찾는 수요자의 요구가 증가하는 등 사회적인 배경과 연관하여 의장성 콘크리트의 중요성이 강조됨에 따라, 제반비용이 증가될지라도 컬러콘크리트의 사용을 검토할 수밖에 없는데, 현재 우리나라 대부분의 컬러콘크리트 제품은 도로포장재 및 2차 제품을 중심으로 널리 사용되어지고 있으나, 비용의 증가 등으로 인하여 일부분의 구조물에 사용되고 있어, 경제성을 갖춘 콘크리트용 착색재 개발이 시급한 실정이다.

* (주)선엔지니어링종합건축사사무소, 연구원
** (주)선엔지니어링종합건축사사무소, 책임연구원
*** (주)선엔지니어링종합건축사사무소, 연구소장
**** 아주산업(주) 기술연구소 소장
***** (주)선엔지니어링종합건축사사무소, 부사장

한편, 본 연구팀에서는 기왕의 연구에서 산업폐기물인 레드머드를 고온으로 소성하여 컬러콘크리트용 착색보조재로 개발하였는데, 이는 컬러콘크리트의 착색재량을 줄일 수 있어, 경제성을 확보할 수 있는 것으로 검토되었다.

그러므로 본 현장적용 연구에서는 착색보조재인 레드머드와 착색재를 복합 사용함으로써 컬러콘크리트의 제반 물성과 발색측정에 대하여 검토하고, 아울러 현장적용성에 대하여 평가하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 공사개요

본 연구에서 800℃로 소성시킨 레드머드를 이용한 바닥컬러콘크리트를 적용한 현장의 공사개요는 표 1과 같고, 현장 전경은 사진 1과 같다.

표 1. 공사개요

공 사 명	청주 내덕동 상가 현장
공사기간	2008년 8월 5일~2008년 8월 5일(1일)
현장위치	충북 청주시 상당구 내덕동 669-11번지
대지면적	223m^2
연 면 적	83.7m^2
건축면적	83.7m^2
구 조	경량철골구조
규 모	지상1층

2.2 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 2와 같고, 배합사항은 표 3과 같다. 먼저 배합사항으로 W/B는 50% 1수준에 대하여 목표 슬럼프플로우 500±100mm, 목표 공기량 3%이하를 만족하도록 제조하였고, 컬러콘크리트의 제조를 위하여 백색포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 레드머드는 800℃로 소성하여 사용하였다. 레드머드의 소성시 목표온도까지 도달시간은 30분이며, 그 후 목표온도를 유지하면서 3시간동안 소성을 실시하는 것으로 하였다. 또한, 컬러콘크리트 제조시에 사용된 적색 착색재와 레드머드의 첨가량은 시멘트중량에 대하여 각각 3%로 외할 치환하여 첨가하는 것으로 하였다.

실험사항으로는 굳지 않은 콘크리트에서는 슬럼프플로우, 공기량, 단위용적질량을 측정하였고, 경화 콘크리트에서는 압축강도 및 발색을 측정하였으며, 내구성과 관련하여 건조수축에 의한 길이변화와 촉진 중성화을 측정하도록 실험을 계획하였다.

표 2. 실험계획

실험요인		실험사항
배합사항	W/B(%)	50
	슬럼프플로우 (mm)	500±100
	공기량(%)	3이하
	시멘트 종류	백색포틀랜드시멘트
	착색재 종류(P*)	• 적색
	착색보조재 종류	• 800℃RM**
	착색재 첨가량(%)	• 3
	착색보조재 첨가량(%)	• 3
실험사항	굳지않은 콘크리트	• 슬럼프플로우 • 공기량 • 단위용적질량 • 응결시간 측정
	경화 콘크리트	• 압축강도 • 발색측정 • 촉진중성화 • 건조수축길이변화

* 착색재 (Pigment)
** 레드머드 (Red Mud)

사진 1. 청주 내덕동 상가 현장

표 3. 컬러콘크리트의 배합사항

W/B (%)	단위 수량 (kg/m^3)	S/a (%)	SP/C (%)	질량배합 (kg/m^3)				
				C	S	G	착색재	레드머드
50	165	50	1.5	330	874	914	25	25

2.3 사용재료

본 연구의 사용재료로써, 시멘트는 국내산 U사의 KS L 5204에 합격한 Hunter식의 백색도가 90.5인 백색시멘트(밀도 : 3.07g/cm^3, 분말도: 3,690cm^2/g)를 사용하였다.

잔ㆍ굵은 골재는 충북 진천군 문백산 강모래와 20mm 부순 굵은 골재를 사용하였고, 적색 착색재는 국내 W사에서 공급한 무기안료를 사용하였으며, 물리적 특성은 표 4~5와 같다. 또한 혼화재는 나프탈렌계 고성능 감수제(밀도: 1.15g/cm^3)를 사용하였고, 레드머드(밀도: 3.23g/cm^3)의 화학성분은 표 6과 같다.

표 4. 골재의 물리적 성질

종류	밀 도 (g/cm^3)	흡수율 (%)	단위용적 질량(kg/m^3)	입형판정 실적율(%)	0.08체 통과량(%)
잔 골재	2.58	0.8	1,613	58.0	1.4
굵은 골재	2.69	1.0	1,550	56.5	0.2

표 5. 적색 착색재의 물리적 성질

시험항목	시험결과	시험방법
밀도(g/cm^3)	4.74	KS F 5110:2001
분말도(cm^2/g)	6,680	KS F 5106:2005
pH	4.11	KS F 2103:2003

표 6. 레드머드의 화학성분

시험항목		시험결과	시험방법
화학성분 (%)	SiO_2	12.0	KS E 3808 : 2003
	FeO_3	33.3	
	TiO_2	8.4	
	Al_2O_3	25.14	
	CaO	2.5	
	MgO	0.2	
	K_2O	0.1	
	Na_2O	8.3	
	SO_3	0.4	KS L 5120 : 1999
	MnO	0.1	
	P_2O_5	0.2	
	CrO_3	0.1	

2.4 실험방법

본 연구의 실험방법으로 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프플로우는 KS F 2402, 공기량 시험은 KS F 2421, 단위용적질량 시험은 KS F 2409, 응결시간은 KS F 2436의 프록터 관입저항 시험방법 규정에 의거 실시하였다. 경화 콘크리트의 실험으로 압축강도는 KS F 2405의 시험방법으로 실시하였고, 발색 측정은 평균적인 색을 측정할 수 있는 일본 K사의 분광측색계(CM-2500d) 제품을 사용하였으며, 3회 발색 측정을 실시하여 평균치값을 사용하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지 않은 콘크리트

표 7은 굳지 않은 콘크리트의 특성을 나타낸 것으로 슬럼프플로우와 공기량 및 단위용적질량은 모두 목표치를 만족하는 것으로 나타났으며, 응결시간은 선행 연구인 적색 착색재 6% 단독 치환한 결과치보다 본 실험인 적색 착색재 3%와 레드머드 3% 복합 치환한 것이 약 1시간정도 단축된 것으로 나타났다. 이는 적색 착색재와 레드머드의 흡수율 및 화학적 특성에 의해 단위수량 저감에 의한 것으로 사료된다.

표 7. 굳지 않은 콘크리트의 실험결과

실험사항				실험결과값
굳지않은 콘크리트	슬럼프플로우 (mm)			420
	공기량(%)			2.2
	단위용적질량 (kg/m^3)			2,342
	기존 P6	응결시간(hr)	초결	12.3
			종결	16.5
	P3-RM3		초결	11.0
			종결	15.5

3.2 경화 콘크리트의 특성

3.2.1 압축강도

그림 1은 적색 착색재와 800℃로 소성시킨 레드머드의 첨가량에 따른 압축강도를 나타낸 것이다.

압축강도는 재령이 증가할수록 증가하였고, 재령 28일의 압축강도는 호칭강도를 만족하였다. 그리고 적색 착색재와 레드머드를 각각 3%씩 복합 치환한 것이 적색 착색재 6% 치환한 것보다 압축강도가 약 2MPa정도 증가하였는데, 이는 레드머드를 고온소성함에 따라 함유하고 있던 수분과 가스손실 및 미세공극 충전효과에 기인한 것으로 분석된다.

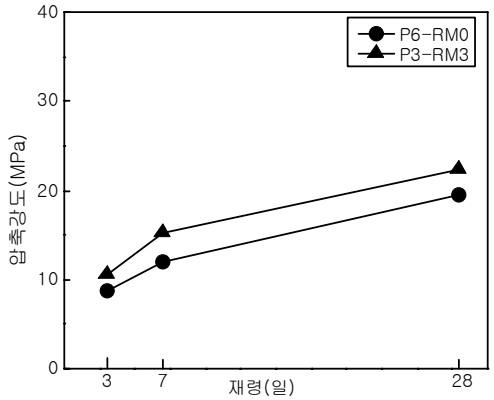

그림 1. 착색재와 레드머드의 첨가량에 따른 압축강도

3.2.2 건조수축 길이변화

그림 2는 적색 착색재와 레드머드의 첨가량에 따른 건조수축길이변화율을 나타낸 것이다.

적색 착색재 6% 첨가한 것이 적색 착색재와 레드머드를 첨가한 것보다 건조수축율이 증가한 것으로 나타났는데, 이는 착색재가 물에 용해되지 않는 미립자로 분체의 불용성질을 가지고 있으며, 이로 인해 형성된 모세관 공극등 내부에 존재하던 많은 양의 잉여수가 건조되면서 나타난 것으로 사료된다.

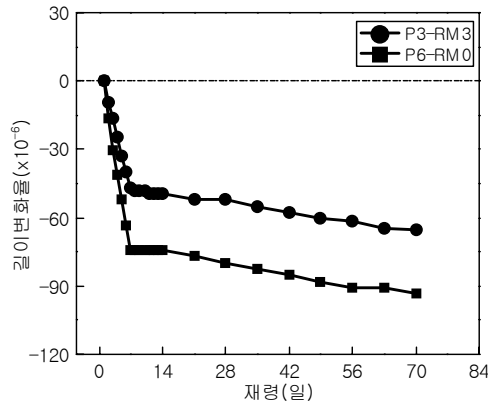

그림 2. 착색재와 레드머드의 첨가량에 따른 건조수축 길이변화율

3.3.3 촉진중성화

그림 3은 적색 착색재와 레드머드의 첨가량에 따른 중성화 깊이를 나타낸 것이다.

적색의 착색재 3%와 레드머드 3% 복합 치환한 것이 적색 착색재 6% 단독 치환한 것보다 중성화 깊이가 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 적색의 착색재 pH가 4.11로 산성에 가깝지만, 표 5와 같이 레드머드의 화학성분이 시멘트와 유사한 알칼리성 성질에 가까워 중성화 깊이가 감소되는 것으로 사료된다.

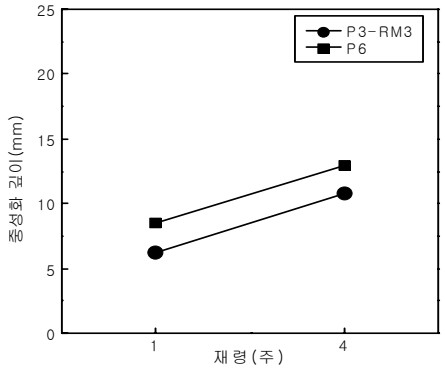

그림 3. 착색재와 레드머드의 첨가량에 따른 중성화 깊이

3.2.4 발색측정

그림 4는 색을 보다 시각적, 정량적으로 나타내기 위하여 국제조명위원회 a^*b^* 색도환(色度環)을 나타낸 것이고, 그림 5는 적색 착색재 3%와 레드머드 3% 복합 치환으로 바닥컬러 콘크리트에 투명 에폭시수지를 도포한 것과 도포하지 않은 것, 적색 착색재 6% 단독 혼입한 것에 대한 발색측정값을 나타낸 것이다.

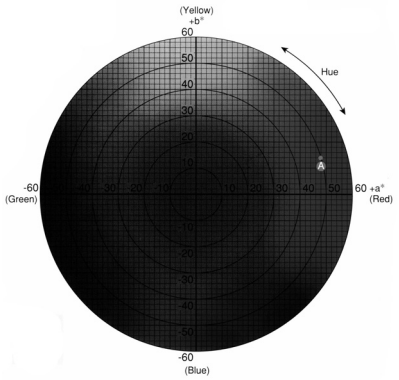

그림 4. CIE의 표준 a*b* Color Space

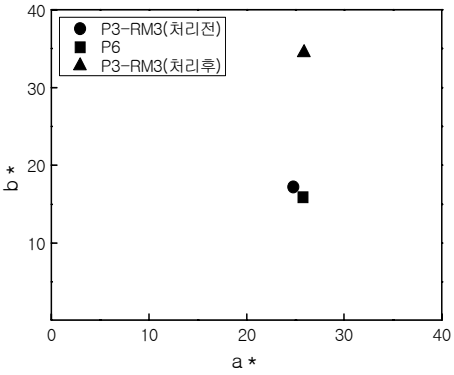

그림 5. 착색재와 레드머드의 첨가량에 따른 발색측정

투명 에폭시수지를 도포하지 않은 적색의 착색재 3%와 레드머드 3% 복합 치환한 발색측정값은 a*값 +24.8, b*값 +17.2이며, 도포한 것에 대한 a*값 +25.9, b*값 +34.49로 나타났고, 적색 착색재 6% 치환한 a*값 +25.8, b*값 +15.9로 나타났다.

레드머드와 착색재를 3% 복합 치환한 경우, 투명 에폭시수지를 도포하지 않은 것과 도포한 것에 대해 a*값은 거의 차이가 나타나지 않았지만, b*값은 약 +17정도 차이가 나타났고, 착색재 6% 단독 치환한 경우는 도포하지 않은 복합 치환한 3%와 거의 차이가 나지 않는 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 현장적용 연구에서는 착색보조재인 레드머드와 적색 착색재를 복합 사용함으로써 컬러콘크리트의 제반 물성과 발색측정에 대하여 검토하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 압축강도에 있어서 적색 착색재 3%와 소성시킨 레드머드 3%를 복합 치환한 것이 적색 착색재 6% 단독 치환한 것보다 약 2MPa정도 증가하는 것으로 나타났고, 응결시간도 복합 치환한 것이 약 1시간정도 단축되는 것을 알 수 있었다.
2) 건조수축길이율에서는 적색 착색재 3%와 레드머드 3%를 복합 치환한 것이 적색 착색재 6% 단독 치환한 것보다 감소하는 것을 확인할 수 있었다.
3) 적색 착색재 3%와 레드머드 3%를 복합 치환한 것이 적색 착색재 6% 단독 치환한 것보다 중성화 깊이가 감소하는 것을 알 수 있었다.
4) 발색측정에서는 적색 착색재 3%와 레드머드 3%를 복합 치환한 것이 적색 착색재 6% 단독 치환한 것과 거의 유사하다는 것을 확인하였다.

종합적으로 레드머드와 착색재를 복합 치환한 컬러콘크리트를 실무적용함으로써 건조수축균열 및 중성화 속도 완화 및 소요강도를 확보함으로써 전반적인 컬러콘크리트의 품질 및 발색확보에 우수한 효과가 있음이 검증되었다.

참 고 문 헌

1. 쌍용양회공업주식회사 중앙연구소 ; “Color Concrete의 착색기술의 현상과 과제”,- 쌍용기술정보, Vol.18 No.6, 1994
2. 이문환 ; “칼라 콘크리트의 제조기술 및 활용”,- 콘크리트학회지 제 15권 1호, 2003
3. 이재용, 고성석 ; “CIE L*a*b* 표색계를 적용한 무기안료가 착색시멘트모르터의 색에 미치는 영향분석”,- 대한건축학회논문집, 구조계 제 19권, 2003
4. 한천구 ; “레미콘 품질관리, 기문당, 2002