

레드머드와 착색재를 이용한 컬러 콘크리트 패널 현장적용

Filed Application of the Color Concrete Panel with Red Mud and Pigment

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 Yeun, Kyu-Won Yoon, Gi-Woon Shin, Dong-An

Abstract

The Study has analyzed the overall material properties, the measurement of forming colors and applicability of color concrete through making color concrete using red mud heated at 800℃ mixed with existing pigment and applying it to the actual field. As the results, the slump flow and aeration meet the target value and the compressed strength of the concrete mixed with red mud and pigment is higher than that of the plain. In addition, the measurement of forming colors turn out to be satisfactory and the color forming is excellent. In the field application, the color concrete panel is proved to make sure the beauty of store exits through its various design available

키 워 드 : 레드머드, 착색재, 발색측정, 컬러 콘크리트 패널
 Keywords : Red Mud, Pigment, Measurement of Forming Colors, Color Concrete Panel

1. 서 론

근래에 들어 친정서적이면서도 다양한 콘크리트 제품을 찾는 수요자의 요구가 증가하는 등 사회적인 배경과 관련하여 의장성 콘크리트의 중요성이 강조되고 있다.

현재 우리나라 대부분의 컬러 콘크리트 도로 포장재 및 2차 제품을 중심으로 널리 사용되어지고 있으나, 건축 구조물에서는 비용의 증가 등으로 인하여 일부분의 구조물에서만 사용되고 있다.

기왕의 연구에서는 산업폐기물인 레드머드를 고온으로 소성하여 컬러 콘크리트용 착색보조재로 검토하였는데, 이는 컬러 콘크리트의 착색재량을 줄일 수 있고, 단독사용도 가능한 것으로 나타나 경제성을 확보할 수 있는 것으로 검토되었다.

따라서, 본 연구에서는 기존 착색재와 800℃로 소성한 레드머드를 사용하여 컬러 콘크리트 패널을 제작하고, 현장적용함으로써 컬러 콘크리트 패널의 제반 물성과 발색측정에 대하여 검토하고, 아울러 현장적용성에 대하여 평가하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 공사개요

본 연구팀에서 개발한 컬러콘크리트 패널을 적용한 청주시 내덕동 상가 공사개요는 표 1과 같다. 개발된 컬러콘크리트 패널은 백색, 흑색 착색재와 800℃로 소성시킨 레드머드를 이용하여 제작하였고, 적용위치는 상가 입구로써, 컬러콘크리트 패널을 사용하여 시공하는 것으로 하였다.

표 1. 공사개요

공 사 명	청주 내덕동 상가 현장
공사기간	2009년 2월 18일~2009년 2월 19일(2일)
현장위치	충북 청주시 상당구 내덕동
대지면적	223m ²
연 면 적	83.7m ²
건축면적	83.7m ²
적용면적	18.5m ²
구 조	경량철골구조
규 모	지상1층

2.2 실험계획

본 연구에서 컬러콘크리트 패널 제작의 실험계획은 표 2와 같고, 배합사항은 표 3과 같다.

* (주)선엔지니어링종합건축사사무소, 연구원

** (주)선엔지니어링종합건축사사무소, 책임연구원

*** (주)선엔지니어링종합건축사사무소, 연구소장

**** 아주산업(주) 기술연구소 소장

***** (주)선엔지니어링종합건축사사무소, 사장

먼저, 배합사항으로 W/B는 40% 1수준에 대하여 목표 슬럼프 플로우는 600±100mm, 목표 공기량은 2±1%를 만족하도록 하였다. 컬러 콘크리트 패널 제작을 위하여 백색포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 레드머드는 800℃로 소성한 것을 사용하는 것으로 하였다. 또한, 컬러 콘크리트 패널 제작시 사용된 기존의 착색재와 레드머드의 첨가량은 시멘트질량에 대하여 6%로 외할 치환하여 첨가하는 것으로 하였다.

실험사항으로 굳지 않은 콘크리트에서는 슬럼프 플로우, 공기량, 단위용적질량을 측정하였고, 경화 콘크리트에서는 압축강도 및 발색도를 측정하는 것으로 하였다.

표 2. 실험계획

실험요인		실험수준	
배합사항	W/B(%)	1	40
	슬럼프 플로우(mm)	1	600±100
	공기량(%)	1	2±1
	시멘트 종류	1	백색포틀랜드시멘트
	착색재 종류	3	· 백색 · 흑색 · 800℃ RM*
착색재 첨가량(%)	1	· 6%	
실험사항	굳지 않은 콘크리트	3	· 슬럼프 플로우 · 공기량 · 단위용적질량
	경화 콘크리트	2	· 압축강도 · 발색도

* RM(Red Mud) = 레드머드

표 3. 배합사항

W/B (%)	단위 수량 (kg/m³)	S/a (%)	SP/C (%)	착색재 첨가량 (%)	착색재 종류	질량배합(kg/m³)			
						C	S	G	P*
40	175	48	0.8	6	백색	438	808	903	26
					흑색	438	809	903	26
					레드머드	438	803	903	26

* P(Pigment) = 착색재

2.2 사용재료

본 연구의 사용재료로써 시멘트는 국내산 U사의 KS L 5204에 합격한 Hunter식의 백색도가 90.5인 시멘트를 단독사용하는 것으로 하였고, 그 물리적 성질은 표 4와 같다.

잔·굵은골재는 충북 청원군 옥산산 강모래와 20mm 부순 굵은골재를 사용하였으며, 혼화제는 나프탈렌계 고성능 감수제를 사용하였고, 각 재료의 물리적 특성은 표 5와 6과 같다.

또한, 착색재의 물리적 성질은 표 7과 같고, 레드머드의 화학성분은 표 8과 같다.

표 4. 백색포틀랜드시멘트의 물리적 성질

밀도 (g/cm³)	분말도 (cm²/g)	안정도 (%)	응결시간(분)		압축강도(MPa)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.07	3,690	0.05	185	240	19.2	27.5	42.5

표 5. 골재의 물리적 성질

종류	밀도 (g/cm³)	흡수율 (%)	단위용적 질량(kg/cm³)	입형판정 실적율(%)	0.08mm체 통과량(%)
잔골재	2.58	0.8	1,613	58.0	1.4
굵은골재	2.69	1.0	1,550	56.5	0.2

표 6. 혼화제의 물리적 성질

종류	색상 및 형태	이온성	고형분(%)	밀도 (g/cm³)	점도 (cp)
고성능 감수제	암갈색 액상	음이온성	33	1.15	25

표 7. 착색재의 물리적 성질

시험항목	시험결과			시험방법
	백색	흑색	레드머드	
밀도(g/cm³)	4.33	4.55	3.37	KS L 5110 : 2001
분말도(cm²/g)	7,070	6,466	3,483	KS L 5106 : 2005
pH	5.39	5.58	11.10	KS F 2103 : 2003

표 8. 레드머드의 화학성분

시험항목	시험결과		시험방법	
화학성분(%)	SiO₂	12.0	KS E 3808 : 2003	
	FeO₃	33.3		
	TiO₂	8.4		
	Al₂O₃	25.14		
	CaO	2.5		
	MgO	0.2		
	K₂O	0.1		
	Na₂O	8.3		
	SO₃	0.4		KS L 5120 : 1999
	MnO	0.1		
	P₂O₅	0.2		
	CrO₃	0.1		

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 그림 1과 같이 실시하였으며, 컬러 콘크리트의 균일한 발색을 위해 시멘트와 착색재를 프리믹스한 후 골재를 투입하여 건비빔을 실시하였다. 여기에 물과 고성능감수제를 넣어 혼합하여 배출한 것을 이용하여 400×500×30mm 아크릴 판에 부어넣은 후 테이블 진동으로 15초 동안 다짐하는 것으로 하여 제작하였다.

굳지 않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프 플로우는 KS F 2402, 공기량 시험은 KS F 2421, 단위용적질량 시험은 KS F 2409 시

험방법 규정에 의거 실시하였다. 경화 콘크리트의 실험으로 압축강도는 KS F 2405의 시험방법으로 실시하였고, 발색측정은 평균적인 색을 측정할 수 있는 일본 K사의 분광측색계(CM-2500d) 제품을 사용하여 3회 발색 측정 평균치값을 사용하였다.

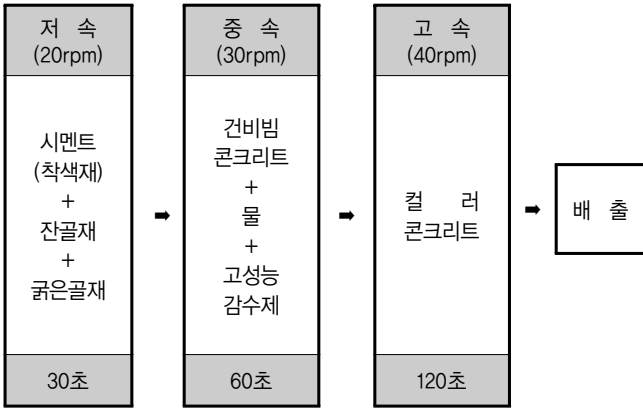


그림 1. 컬러콘크리트의 혼합

3. 컬러 콘크리트 패널 현장적용

3.1 굳지 않은 콘크리트 특성

실험계획에 따른 굳지 않은 콘크리트 특성의 실험결과는 그림 2와 3과 같이 모든 수준에서 슬럼프 플로우 및 공기량 모두 목표값을 만족시키는 것으로 나타났다.

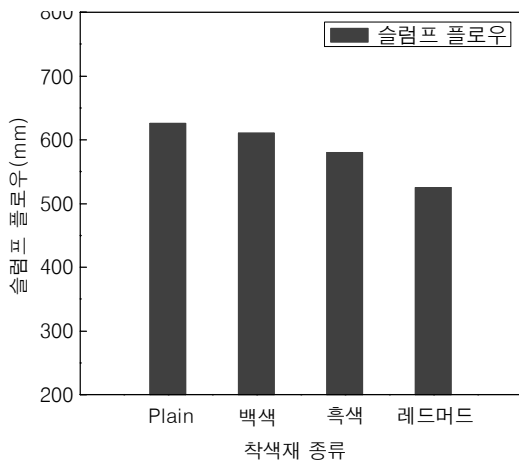


그림 2. 착색재 종류에 따른 슬럼프 플로우

착색재 종류에 따른 슬럼프 플로우는 플레인에 비해 모두 저하되는 것으로 나타났는데, 이는 착색재와 레드머드의 흡수율 및 화학적 특성에 의해 단위수량 저감에 의한 것으로 사료된다.

또한, 공기량 및 단위용적질량은 플레인에 비해 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 착색재의 높은 분말도로 인하여 분산성이 증대되고 착색재가 물에 용해되지 않는 유색의 미립자 분체의 불용성질을 갖고 있으므로 결국, 콘크리트 내부에 비표면적이 넓어지고

이에 따라 미세공극이 증가되기 때문에 증가되는 것으로 사료된다.

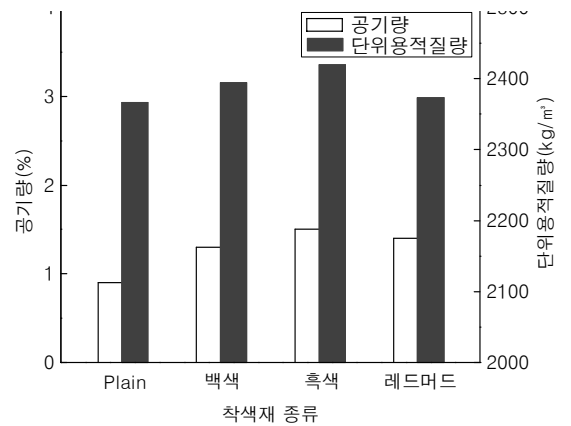


그림 3. 착색재 종류에 따른 공기량 및 단위용적질량

3.2 경화 콘크리트 특성

그림 4는 착색재 종류별 재령경과에 따른 압축강도를 나타낸 것이다. 압축강도는 재령이 증가할수록 증가하였고, 플레인에 비해 재령 28일의 압축강도는 백색 5MPa, 흑색 10MPa, 레드머드는 3MPa 증가하는 것으로 나타났다. 이는 착색재 및 레드머드의 구성성분 중에 포함된 SiO₂ 및 Fe₂O₃와 Al₂O₃등이 시멘트와 수화 반응하여 증가하는 것으로 사료된다.

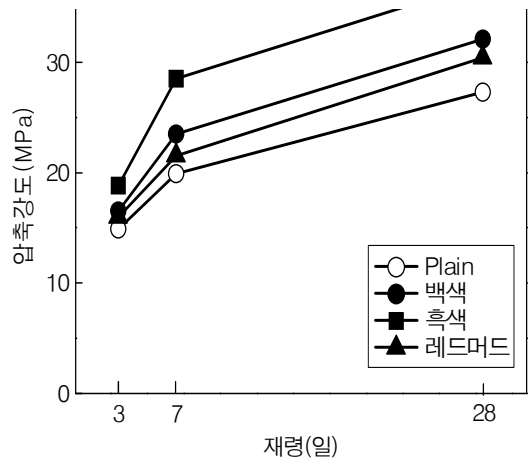


그림 4. 착색재 종류별 재령경과에 따른 압축강도

또한, 그림 5는 a*b* 색도환을 나타낸 것으로써 a*와 b*를 색좌표 지수로 하여 X축을 적-녹색 축으로 설정하고, +a*방향은 적색, -a*방향은 녹색으로 나타낸 것이고, Y축은 황-청색 축으로 설정하여 +b*방향은 황색, -b*방향은 청색으로 설정하여 나타낸 것이며, L*값은 명도를 나타낸 것이다. 그림 6과 표 9는 착색재 종류별 발색 측정값을 나타낸 것이다.

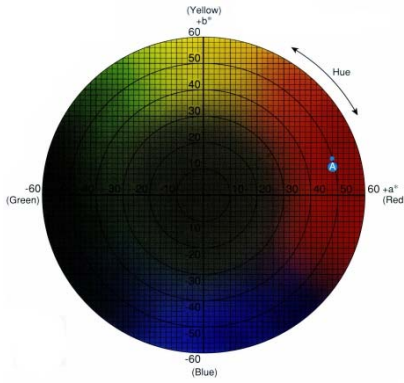


그림 5. CIE의 표준 a*b* Color Space

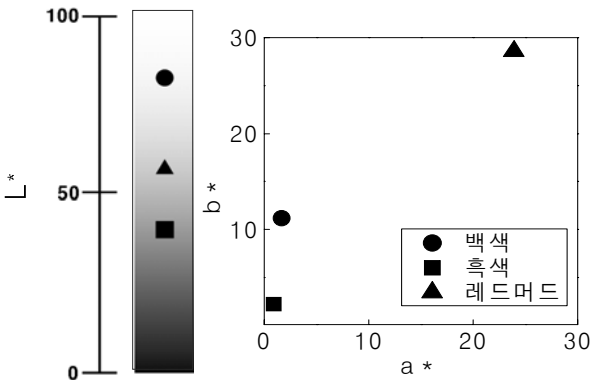


그림 6. 착색제 종류에 따른 발색도(재령 28일)

표 9. 착색제 종류별 발색측정값

구분	L*	a*	b*
백색	79.4	1.7	11.2
흑색	42.2	0.9	2.2
레드머드	63.6	23.9	28.5

3.3 현장적용성 평가

컬러 콘크리트 패널시공은 사진 1과 같이 백색, 흑색 및 레드머드 총 3가지색을 이용하여 청주시 상가현장에서 이루어졌다.

시공방법은 일반 실의 바닥재와 동일하고, 투명에폭시 도료를 도포하여 색의 발현 극대화 및 손상을 최소화하는 것으로 하였으며, 패널 배열 변화로 상가 입구 미관을 확보하는 것으로 하였다. 또한, 컬러콘크리트 패널(400×500×30mm)의 무게는 약 5kg으로 자재 운반 및 취급이 용이하며, 경제성에서는 고가의 착색제를 사용한 백색 및 흑색에 비해 레드머드를 사용한 패널은 약 20% 저렴한 것으로 나타났다. 따라서, 향후 실무 현장적용에서는 레드머드를 이용하여 패널을 제작 시공하면 효율적인 경제성 확보방안이 될 것으로 사료된다.



a) 모르타르 바름 후 패널갈기



b) 투명 에폭시도료 도포 전후
사진 1. 컬러 콘크리트 패널시공

4. 결론

본 연구에서는 선행연구의 결과를 토대로 레드머드와 착색제를 치환한 컬러 콘크리트 패널을 제작하여 현장적용성을 검토하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프 플로우 및 공기량의 실험결과는 모두 목표치를 만족한 것으로 나타났다.
- 2) 경화 콘크리트에서의 압축강도는 전반적으로 플레인에 비해 레드머드와 착색제를 첨가한 것이 증가하는 것으로 나타났으며, 발색도는 착색제 종류별 발색 측정값이 양호하게 나타나 발색 효과가 우수한 것으로 나타났다.
- 3) 현장적용성 평가에서는 컬러 콘크리트 패널 사용시 시공성이 양호하고, 경제성에서는 고가의 착색제를 사용한 백색 및 흑색에 비해 레드머드를 사용한 패널이 약 20% 정도 저렴한 것으로 나타났으며, 컬러콘크리트 패널 사용시 미관 확보에 효과적인 것으로 사료된다.

참고 문헌

1. 이문환, 컬러 콘크리트의 제조기술 및 활용, 콘크리트학회지 제15권 제 1호, 2003